

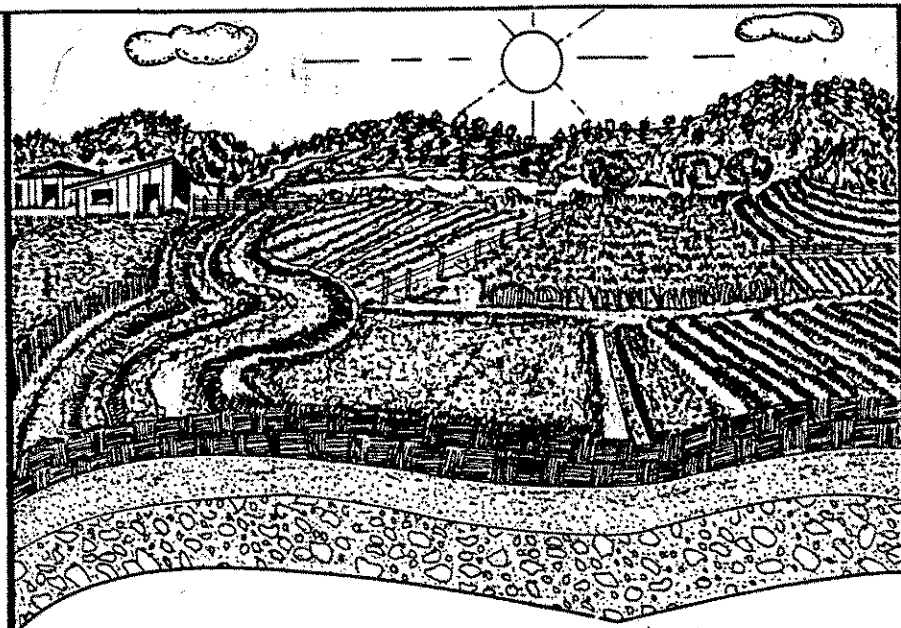


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO ESPECIAL

TOMO I

# *conservación de* **SUELOS Y AGUA**



Autor:

**Br. JAIRO MORALES MENDOZA**

MANAGUA, NICARAGUA  
1996

**CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA/J. MORALES**

## **AGRADECIMIENTO**

*Durante los años que me he desempeñado como docente de la asignatura de Conservación de Suelos y Agua abrigué en mis pensamientos la idea de recopilar bibliografía referente a este tema, para elaborar un Texto que sirviese de apoyo a los estudiantes y profesores de nuestra universidad y de otras universidades relacionadas con el campo agropecuario en nuestro país.*

*Gracias a la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) y al apoyo del Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC) brindado a la Facultad han hecho posible que este proyecto pudiese ejecutarse.*

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo que me brindaron las siguientes personas: Ing. MSc. Domingo Rivas, Vice-Decano de FARENA, Ing. MSc. Georgina Orozco, Decano de FARENA, Ing. MSC. Carlos Zelaya, Ing. MSc. Leonardo García, Ing. MSC. Lucía Romero, Ing. Bismarck Mendoza, Ing. Gerardo Murillo; los cuales de una u otra manera contribuyeron a que la elaboración del texto se pudiese llevar a cabo.*

*Asimismo quiero hacer un reconocimiento a labor realizada por el Sr. Antonio Avilés relativo a la elaboración del aspecto gráfico del texto, y a la Sra. Lucila Jirón.*

*DEDICATORIA*

*A mi madre:*

*LUCRECIA MENDOZA DE MORALES*

*A mi abuelita:*

*JUSTINA SEQUEIRA VASCONCELOS*

*A mi hermana con todo cariño:*

*ZAYDA MORALES MENDOZA*



# **INDICE**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION A LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

1.1.	Generalidades . . . . .	1
1.2.	La pérdida de la Biodiversidad y sus consecuencias en la Degradación de Tierras . . . . .	3
1.2.1.	La Biodiversidad en Nicaragua . . . . .	6
1.3.	Problemática Ecológica de Nicaragua . . . . .	9
1.3.1.	Bosques . . . . .	11
1.3.2.	Suelos . . . . .	12
1.3.3.	Agua . . . . .	13
1.4.	Necesidades de Conservación de Suelos y Agua . . . . .	15
1.5.	Definición de Conservación de Suelos y Agua . . . . .	16
1.6.	Objetivos de la Conservación de Suelos y Agua . . . . .	18
1.7.	Ciencias relacionadas con la Conservación de Suelo . . . . .	19
1.8.	Manera de conseguir la Conservación de Suelos y Agua . . . . .	21
1.9.	→ Relación Conservación de Suelos y Agricultura Sostenible . . . . .	22

## CAPITULO II

### DEGRADACION ECOLOGICA DE TIERRAS

2.1.	Generalidades . . . . .	25
2.2.	Definición de Degradación y Desertificación de Tierras . . . .	27
2.2.1.	Procesos de Degradación de Tierras .	30
2.2.1.1.	Erosión de Suelos ✓ . . . .	30
2.2.1.2.	Salinización y Sodificación . . .	31
2.2.1.3.	Degradación Química . . . .	31
2.2.1.3.1.	Acidificación o Desaturación de Bases	31
2.2.1.3.2.	Toxicidades . . . . .	32
2.2.1.4.	Degradación Física . . . . .	32
2.2.1.5.	Degradación Biológica . . . . .	33
2.2.1.6.	Saturación Hídrica . . . . .	34
2.3.	Erosión de Suelos . . . . .	35
2.3.1.	Generalidades y Definición . . .	35
2.3.2.	Clases de Erosión . . . . .	36
2.3.2.1.	Erosión Geológica . . . . .	36
2.3.2.2.	Erosión Inducida . . . . .	37
2.3.2.2.1.	Causas que provocan Erosión Acelerada en los Suelos . . . . .	37

2.3.3.	Formas de Erosión	. . . . .	42
2.3.3.1.	Erosión Hídrica	. . . . .	42
2.3.3.2.	Erosión Eólica	. . . . .	42
2.3.4.	Agentes Erosivos	. . . . .	42
2.3.4.1.	El Agua	. . . . .	43
2.3.4.2.	El Viento	. . . . .	43
2.3.4.3.	Los cambios de temperatura	. . . . .	43
2.3.4.4.	Los agentes biológicos	. . . . .	43
2.3.5.	Proceso de Erosión	. . . . .	45
2.3.5.1.	Desprendimiento o Remoción	. . . . .	45
2.3.5.2.	Transporte	. . . . .	46
2.3.5.3.	Depositación	. . . . .	47
2.4.	Aspectos Generales de una Cuenca * Hidrográfica	. . . . .	49
2.4.1.	Definición de Cuenca Hidrográfica o Cuenca de Drenaje	. . . . .	49
2.4.2.	Morfología de una Cuenca Hidrográfica	. . . . .	49
2.4.2.1.	Parte-Agua	. . . . .	49
2.4.2.2.	Vertientes	. . . . .	50
2.4.2.3.	Valle o Cuenca Baja	. . . . .	50
2.4.2.4.	Red de Avenamiento o Drenaje	. . . . .	50
2.4.3.	Clasificación de las Cuencas Hidrográficas	. . . . .	52

2.4.4.	Manejo de una Cuenca Hidrográfica .	53
2.4.5.	Medidas para la Protección de una Cuenca Hidrográfica . . .	54
2.4.5.1.	Medidas de Uso del Terreno . .	54
2.4.5.2.	Medidas de Tratamiento del Terreno .	54
2.4.6.	Plan de Ordenamiento y Manejo de una Cuenca Hidrográfica . . .	59
2.4.7.	Cuencas Hidrográficas de Nicaragua .	70
2.5.	Aspectos Generales de Agricultura de Bajo Uso de Insumos Externos y Sostenibles (ABIES) . . .	75
2.5.1.	Generalidades . . . .	75
2.5.2.	Definición . . . .	76
2.5.3.	Características . . . .	76
2.5.4.	Marco Conceptual de ABIES . . .	77
2.5.5.	Principios Ecológicos de ABIES . .	78
2.5.5.1.	Naturaleza como Ejemplo . . .	78
2.5.5.2.	Diversidad . . . .	79
2.5.5.3.	Suelo Viviente . . . .	80
2.5.5.4.	Diagrama de Flujos Cíclicos . .	81
2.5.6.	Sistemas de Agricultura ABIES . .	83
2.5.6.1.	Biodinámico . . . .	83
2.5.6.2.	Ecológica . . . .	83
2.5.6.3.	Nativa . . . .	84

		<i>Página</i>
2.5.6.4.	Natural . . . . .	84
2.5.6.5.	Orgánica . . . . .	84
2.5.6.6.	Permacultura . . . . .	85
2.5.6.7.	Regenerativa . . . . .	85
2.5.6.8.	De Recurso Eficiente . . . . .	85
2.5.6.9.	Sostenible . . . . .	85
2.5.6.10.	Tradicional . . . . .	86
2.6.	Generalidades sobre Agricultura de Laderas . . . . .	88
2.6.1.	La Agricultura en Areas Marginales en Nicaragua . . . . .	91
2.6.2.	Patrones de Crecimiento Agrícola . . . . .	95

### *CAPITULO III*

#### *CLASIFICACION DE TIERRAS DE INTERES EN LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA*

3.1.	Generalidades . . . . .	97
3.2.	Uso Potencial de la Tierra . . . . .	98
3.2.1.	Objetivo . . . . .	98
3.2.2.	Factores que influyen en el Uso Potencial . . . . .	98
3.2.2.1.	Factores Edáficos . . . . .	98
3.2.2.2.	Factores Climáticos . . . . .	99
3.2.2.3.	Factores Topográficos . . . . .	99

3.2.3.	Niveles de Clasificación . . .	100
3.2.3.1.	Categorías de Utilización . . .	100
3.2.3.1.1.	Categoría de Tierras Agrícolas . .	100
3.2.3.1.2.	Categoría de Tierras Ganaderas . .	100
3.2.3.1.3.	Categoría de Tierras Forestales . .	101
3.2.3.2.	Clases de Utilización . . .	101
3.2.3.2.1.	Agrícola . . .	101
3.2.3.2.1.1.	Cultivos Anuales . . .	101
3.2.3.2.1.2.	Cultivos Semiperennes . . .	101
3.2.3.2.1.3.	Cultivos Perennes . . .	101
3.2.3.2.2.	Ganadera . . .	102
3.2.3.2.1.	Ganadería de Desarrollo . . .	102
3.2.3.2.2.	Ganadería de Engorde . . .	102
3.2.3.2.3.	Forestal . . .	102
3.2.3.2.3.1.	Bosques de Latifoliadas . . .	102
3.2.3.2.3.2.	Bosques de Coníferas . . .	102
3.2.3.2.3.3.	Bosques de Pantano . . .	102
3.2.3.3.	Tipos de Utilización . . .	102
3.2.3.4.	Sistemas de Utilización . . .	105
3.3.	Clasificación por Capacidad de Uso de la Tierra . . .	106
3.3.1.	Generalidades . . .	106
3.3.2.	Definición . . .	107

3.3.3.	Objetivo . . . . .	108
3.3.4.	Metodología . . . . .	109
3.3.5.	Niveles de Clasificación . . . . .	112
3.3.5.1.	Clases de Capacidad de Uso . . . . .	112
3.3.5.1.1.	Suelos Aptos para Cultivos . . . . .	113
3.3.5.1.2.	Suelos No Aptos para Cultivos . . . . .	113
3.3.5.1.2.1.	Suelos Aptos para Pastos . . . . .	113
3.3.5.1.2.2.	Suelos Aptos para Bosques . . . . .	114
3.3.5.1.2.3.	Suelos Aptos para la Vida Silvestre . . . . .	114
3.3.5.1.3.	Descripción de las características de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra . . . . .	114
3.3.5.1.3.1.	Clase I . . . . .	114
3.3.5.1.3.2.	Clase II . . . . .	115
3.3.5.1.3.3.	Clase III . . . . .	115
3.3.5.1.3.4.	Clase IV . . . . .	115
3.3.5.1.3.5.	Clase V . . . . .	116
3.3.5.1.3.6.	Clase VI . . . . .	116
3.3.5.1.3.7.	Clase VII . . . . .	116
3.3.5.1.3.8.	Clase VIII . . . . .	117
3.3.5.2.	Subclases de Tierras . . . . .	117
3.3.5.3.	Unidades de Capacidad . . . . .	119
3.4.	Utilización del Sistema Americano de Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra en Nicaragua . . . . .	120



**CAPITULO IV**

**EROSION HIDRICA**

4.1.	Definición y Generalidades . . .	125
4.2.	Proceso de Erosión Hídrica . . .	126
4.3.	Daños que causa la Erosión Hídrica .	129
4.4.	Formas de Erosión Hídrica . . .	132
4.4.1.	Erosión por Salpicamiento . . .	132
4.4.2.	Erosión Laminar . . .	138
4.4.3.	Erosión en Surcos . . .	140
4.4.4.	Erosión por Cárcavas . . .	142
4.4.4.1.	Daños que ocasionan . . .	144
4.4.4.2.	Causas que originan su formación .	145
4.4.4.3.	Formas . . .	145
4.4.4.3.1.	Cárcavas de sección transversal en "V"	145
4.4.4.3.2.	Cárcavas de sección transversal en "U"	145
4.4.4.4.	Procesos de Crecimiento . . .	145
4.5.	Formas Especiales de Erosión Hídrica	147
4.5.1.	Erosión en Pedestales . . .	147
4.5.2.	Erosión en Pináculos . . .	148
4.5.3.	Erosión Tubular . . .	148
4.5.4.	Erosión por Caída o Remontante . .	148

		<i>Página</i>
4.6.	Factores que afectan la Erosión Hídrica . . . . .	150
4.6.1.	Clima . . . . .	150
4.6.2.	Suelo . . . . .	157
4.6.2.1.	Textura . . . . .	158
4.6.2.2.	Estructura . . . . .	159
4.6.2.3.	Porosidad . . . . .	160
4.6.2.4.	Permeabilidad e Infiltración . . . . .	160
4.6.2.5.	Materia Orgánica . . . . .	161
4.6.3.	Topografía . . . . .	161
4.6.3.1.	Inclinación del Terreno . . . . .	161
4.6.3.2.	Longitud de la Pendiente . . . . .	162
4.6.3.3.	Curvatura de la Pendiente . . . . .	163
4.6.3.4.	Tamaño y Forma de la Cuenca Hidrográfica . . . . .	166
4.6.4.	Vegetación . . . . .	166

## *CAPITULO V*

### *EROSION EOLICA*

5.1.	Definición y Generalidades . . . . .	170
5.2.	Daños que causa la Erosión Eólica . . . . .	171
5.3.	Proceso de Erosión Eólica . . . . .	173

		<i>Página</i>
5.3.1.	Movilización del Viento . .	173
5.3.1.1.	Remolinos . .	173
5.3.1.2.	Corrientes Intermitentes de aire .	173
5.3.1.3.	Torbellinos . .	173
5.3.2.	Movimiento de las partículas del suelo por acción del viento . . .	178
5.3.2.1.	Saltación . . .	178
5.3.2.2.	Suspensión . . .	181
5.3.2.3.	Rodamiento o Arrastre Superficial .	182
5.3.3.	Mecánica del Proceso Erosivo del Viento . . .	183
5.3.3.1.	Remoción o Iniciación del Movimiento .	183
5.3.3.2.	Transporte . . .	184
5.3.3.3.	Deposición . . .	185
5.4.	Factores que afectan la Erosión Eólica	185
5.4.1.	Clima . . .	185
5.4.2.	Suelo . . .	186
5.4.3.	Vegetación . . .	188
5.5.	Formas de Erosión Eólica . . .	190
5.5.1.	Efluación . . .	190
5.5.2.	Extrusión . . .	190
5.5.3.	Detrusión . . .	190
5.5.4.	Eflación . . .	190
5.5.5.	Abrasión . . .	191

5.6.	Distribución de las áreas afectadas por Erosión Hídrica y Eólica en Nicaragua	191
------	---	-----

## **CAPITULO VI**

### **INTEGRACION DE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA CON AGRICULTURA SOSTENIBLE**

6.1.	Generalidades . . . .	192
6.2.	Cultivar en Contorno (Labranza en Curvas a Nivel) . . . .	200
6.2.1.	Generalidades . . . .	200
6.2.2.	Definición . . . .	203
6.2.3.	Ventajas . . . .	203
6.2.4.	Desventajas . . . .	204
6.3.	Labranza Conservacionista . . . .	204
6.3.1.	Generalidades . . . .	204
6.3.2.	Ventajas . . . .	206
6.3.3.	Desventajas . . . .	207
6.3.4.	Métodos de Labranza Conservacionista .	207
6.3.4.1.	Roturación Profunda del Suelo . .	207
6.3.4.2.	Labranza Mínima . . . .	208
6.3.4.2.1.	Definición . . . .	209
6.3.4.2.2.	Ventajas . . . .	210
6.3.4.2.3.	Desventajas . . . .	211

	<i>Página</i>
6.3.4.2.4.      Sistemas de Labranza Reducida      .      .	211
6.3.4.2.4.1.    Labranza Mínima Continua o en Fajas      .	212
6.3.4.2.4.2.    Labranza Mínima Individual      .      .	212
6.3.4.2.4.3.    Cero Labranza      .      .      .      .	213
6.3.4.2.4.3.1.      Ventajas      .      .      .      .	213
6.3.4.2.4.3.2.      Desventajas      .      .      .      .	213
6.4.              Técnicas Tradicionales de Siembra que fomentan la Conservación de Suelos y Agua      .      .      .      .	214
6.4.1.            Siembra al Espeque      .      .      .      .	214
6.4.1.1.          Ventajas      .      .      .      .	215
6.4.1.2.          Desventajas      .      .      .      .	215
6.4.2.            Siembra Tapada      .      .      .      .	215
6.4.2.1.          Ventajas y Desventajas      .      .      .	215
6.4.3.            Siembra en Relevo      .      .      .      .	216
6.4.3.1.          Ventajas y Desventajas      .      .      .	216
6.5.              Arrope, Mulch o Cobertura Muerta      .	217
6.5.1.            Generalidades      .      .      .      .	217
6.5.2.            Definición      .      .      .      .	218
6.5.3.            Ventajas      .      .      .      .	219
6.5.4.            Desventajas      .      .      .      .	220
6.5.5.            Recomendaciones Generales para el establecimiento de Coberturas Muertas      .      .      .      .	221

		<i>Página</i>
6.6.	Policultivos . . . .	222
6.6.1.	Generalidades . . . .	223
6.6.2.	Definición . . . .	223
6.6.3.	Ventajas . . . .	223
6.6.4.	Desventajas . . . .	225
6.6.5.	Clasificación . . . .	225
6.6.5.1.	Policultivo Comensalístico . . . .	225
6.6.5.2.	Policultivo Amensalístico . . . .	226
6.6.5.3.	Policultivo Monopolístico . . . .	226
6.6.5.4.	Policultivo Inhibitorio . . . .	226
6.6.6.	Manejo de Policultivos . . . .	226
6.6.7.	Cultivos Intercalados . . . .	229
6.7.	Cultivos de Cobertura . . . .	230
6.7.1.	Generalidades . . . .	230
6.7.2.	Definición . . . .	232
6.7.3.	Ventajas . . . .	232
6.7.4.	Desventajas . . . .	233
6.7.5.	Características deseables que debe poseer una Planta de Cobertura . . . .	234
6.7.6.	Tipos de Cultivos de Cobertura . . . .	235
6.7.6.1.	Cultivos de Cobertura en Plantaciones Perennes y Semiperennes . . . .	235
6.7.6.1.1.	Cultivos de Cobertura Completa . . . .	235

	<i>Página</i>
6.3.4.2.4.      Sistemas de Labranza Reducida . . .	211
6.3.4.2.4.1.    Labranza Mínima Continua o en Fajas .	212
6.3.4.2.4.2.    Labranza Mínima Individual . . .	212
6.3.4.2.4.3.    Cero Labranza . . . . .	213
6.3.4.2.4.3.1.    Ventajas . . . . .	213
6.3.4.2.4.3.2.    Desventajas . . . . .	213
6.4.              Técnicas Tradicionales de Siembra que fomentan la Conservación de Suelos y Agua . . . . .	214
6.4.1.            Siembra al Espeque . . . . .	214
6.4.1.1.          Ventajas . . . . .	215
6.4.1.2.          Desventajas . . . . .	215
6.4.2.            Siembra Tapada . . . . .	215
6.4.2.1.          Ventajas y Desventajas . . . . .	215
6.4.3.            Siembra en Relevo . . . . .	216
6.4.3.1.          Ventajas y Desventajas . . . . .	216
6.5.              Arrope, Mulch o Cobertura Muerta .	217
6.5.1.            Generalidades . . . . .	217
6.5.2.            Definición . . . . .	218
6.5.3.            Ventajas . . . . .	219
6.5.4.            Desventajas . . . . .	220
6.5.5.            Recomendaciones Generales para el establecimiento de Coberturas Muertas . . . . .	221

		<i>Página</i>
6.6.	Policultivos . . . .	222
6.6.1.	Generalidades . . . .	223
6.6.2.	Definición . . . .	223
6.6.3.	Ventajas . . . .	223
6.6.4.	Desventajas . . . .	225
6.6.5.	Clasificación . . . .	225
6.6.5.1.	Policultivo Comensalístico . . . .	225
6.6.5.2.	Policultivo Amensalístico . . . .	226
6.6.5.3.	Policultivo Monopolístico . . . .	226
6.6.5.4.	Policultivo Inhibitorio . . . .	226
6.6.6.	Manejo de Policultivos . . . .	226
6.6.7.	Cultivos Intercalados . . . .	229
6.7.	Cultivos de Cobertura . . . .	230
6.7.1.	Generalidades . . . .	230
6.7.2.	Definición . . . .	232
6.7.3.	Ventajas . . . .	232
6.7.4.	Desventajas . . . .	233
6.7.5.	Características deseables que debe poseer una Planta de Cobertura . . . .	234
6.7.6.	Tipos de Cultivos de Cobertura . . . .	235
6.7.6.1.	Cultivos de Cobertura en Plantaciones Perennes y Semiperennes . . . .	235
6.7.6.1.1.	Cultivos de Cobertura Completa . . . .	235



6.7.6.1.1.1.	Cultivos de Cobertura Completa Permanente . . .	235
6.7.6.1.1.2.	Cultivos de Cobertura Completa Periódicos . . .	235
6.7.6.2.	Cultivos de Cobertura en Cultivos Anuales . . .	235
6.7.7.	Establecimiento y Mantenimiento de los Cultivos de Cobertura . . .	236
6.7.7.1.	Siembra . . .	236
6.7.7.2.	Enmalezado Selectivo . . .	237
6.7.7.3.	Cubierta Natural . . .	237
6.8.	Cultivo en Fajas . . .	238
6.8.1.	Generalidades . . .	238
6.8.2.	Definición . . .	239
6.8.3.	Ventajas . . .	239
6.8.4.	Desventajas . . .	240
6.8.5.	Tipos de Fajas . . .	241
6.8.5.1.	Cultivo en Fajas al Contorno y en Rotación . . .	241
6.8.5.2.	Cultivo en Fajas de Contención o Amortiguadoras . . .	241
6.8.5.3.	Cultivo en Fajas por Fracciones . . .	242
6.8.5.4.	Cultivo en Fajas de Contraviento . . .	243
6.8.6.	Fajas Auxiliares . . .	243
6.8.6.1.	Fajas al Volteo . . .	243
6.8.6.2.	Fajas Marginales o de Comunicación . . .	243

		<i>Página</i>
6.8.7.	Ancho de las Fajas . . .	244
6.9.	Rotación de Cultivos . . .	246
6.9.1.	Generalidades . . .	246
6.9.2.	Definición . . .	247
6.9.3.	Ventajas y Limitaciones . . .	247
6.9.4.	Utilización . . .	248
6.9.5.	Principios Agronómicos de una Rotación de Cultivos . . .	249
6.9.6.	Requisitos que debe llenar un buen Ciclo Rotacional . . .	250
6.9.7.	Composición y Duración de una Rotación de Cultivos . . .	250
6.9.8.	Tipos de Rotación de Cultivos . . .	251
6.9.8.1.	Por Fracciones . . .	251
6.9.8.2.	En Areas Unicas . . .	251
6.9.9.	Pasos para realizar una Rotación de Cultivos . . .	251
6.10.	Abonos Verdes . . .	254
6.10.1.	Generalidades . . .	254
6.10.2.	Definición . . .	255
6.10.3.	Ventajas . . .	256
6.10.4.	Desventajas . . .	257
6.10.5.	Características que deben poseer las Plantas que se utilicen como Abono Verde . . .	257

		<i>Página</i>
6.10.6.	Sistemas de Cultivo de Abonos Verde .	258
6.10.6.1.	Abono Verde Asociado (Intercalado) .	259
6.10.6.2.	Abono Verde en Barbecho . .	259
6.10.6.3.	Abono Verde de Hojas de Arboles . .	260
6.10.6.4.	Cultivo de Abono Verde en época seca .	260
6.10.6.5.	Abono Verde entre Cultivos . .	260
6.11.	Abonos Orgánicos . . .	261
6.11.1.	Generalidades . . .	261
6.11.2.	Ventajas y Desventajas . . .	262
6.11.3.	Tipos de Abonos Orgánicos . . .	263
6.11.3.1.	Abonos Orgánicos de Origen Animal . .	263
6.11.3.1.1.	Estiércol . . .	263
6.11.3.1.1.1.	Estiércol Vacuno . . .	265
6.11.3.1.1.2.	Gallinaza . . .	265
6.11.3.2.	Abonos Orgánicos de Origen Vegetal .	267
6.11.3.2.1.	Compost . . .	267
6.11.4.	Producción de Abono Orgánico . . .	268
6.11.4.1.	Tipos de Abonera . . .	268
6.11.4.1.1.	Abonera Aérea . . .	268
6.11.4.1.2.	Abonera Subterránea . . .	269
6.11.4.2.	Construcción de una Abonera . . .	270
6.12.	Agroforestería . . .	275
6.12.	Generalidades . . .	275

		<i>Página</i>
6.12.2.	Definición . . .	277
6.12.3.	Beneficios y Aplicaciones de la Agroforestería . . .	278
6.12.3.1.	A nivel de Finca . . .	278
6.12.3.2.	A nivel Regional . . .	279
6.12.3.3.	Otros . . .	280
6.12.4.	Ventajas de los Sistemas Agroforestales . . .	280
6.12.4.1.	Ventajas Ecológicas . . .	280
6.12.4.2.	Ventajas Socioeconómicas . . .	281
6.12.5.	Desventajas de los Sistema Agroforestales . . .	282
6.12.6.	Clasificación de los Sistemas Agroforestales . . .	285
6.12.6.1.	De acuerdo a su estructura . . .	285
6.12.6.1.1.	Sistemas Agrosilvícolas . . .	285
6.12.6.1.2.	Sistemas Silvopastoriles . . .	285
6.12.6.1.3.	Sistemas Agrosilvopastoriles . . .	286
6.12.6.1.4.	Sistemas de Producción Forestal Multipropósito . . .	286
6.12.6.2.	De acuerdo a su función . . .	286
6.12.6.2.1.	Productivos . . .	286
6.12.6.2.2.	Protectores . . .	287
6.12.6.3.	Desde el punto de vista Ecológico ó Climático . . .	287

	<i>Página</i>
6.12.6.4. Desde el punto de vista socioeconómico y nivel de manejo . . .	287
6.12.7. Rol y Efecto de los Arboles . . .	287
6.12.8. Descripción de algunos Sistemas Agroforestales . . .	291
6.12.8.1. Cercos Vivos . . .	291
6.12.8.1.1. Generalidades . . .	291
6.12.8.1.2. Definición . . .	291
6.12.8.1.3. Ventajas . . .	291
6.12.8.1.4. Desventajas . . .	292
6.12.8.1.5. Características que deben poseer las especies que se utilicen como Cercos Vivos . . .	293
6.12.8.1.6. Establecimiento y Manejo de Cercas Vivas . . .	295
6.12.8.1.6.1. Por Estacas . . .	295
6.12.8.1.6.2. Por Plantas en Bolsas . . .	297
6.12.8.1.6.3. Por Siembra Directa . . .	297
6.13. Cultivos en Callejones . . .	299
6.13.1. Generalidades . . .	299
6.13.2. Definición . . .	299
6.13.3. Beneficios . . .	299
6.13.4. Ventajas y Desventajas . . .	301
6.13.5. Características que deben poseer las especies que se utilicen como Cultivos en Callejones . . .	302

6.13.6.	Establecimiento y Manejo de los Cultivos en Callejones . . . .	302
6.14.	Huertos Caseros . . . .	304
6.14.1.	Ventajas y Desventajas . . . .	305
6.15.	Sistema Taungya . . . .	306
6.15.1.	Generalidades . . . .	306
6.16.	Arboles de Sombra para Cultivos . . . .	307
6.16.1.	Generalidades . . . .	307
6.17.	Bosquetes . . . .	309
6.17.1.	Generalidades . . . .	309
6.18.	Barreras Vivas . . . .	310
6.18.1.	Generalidades . . . .	310
6.18.2.	Definición . . . .	312
6.18.3.	Ventajas y Desventajas . . . .	313
6.18.4.	Características que deben poseer las plantas que se utilicen como Barreras Vivas . . . .	314
6.18.5.	Establecimiento . . . .	316
6.18.6.	Distanciamiento . . . .	318
6.18.7.	Mantenimiento . . . .	321
6.19.	Cortinas Rompevientos . . . .	322
6.19.1.	Generalidades . . . .	322

					<i>Página</i>
6.19.2.	Definición	.	.	.	323
6.19.3.	Beneficios	.	.	.	324
6.19.4.	Ventajas y Desventajas	.	.	.	326
6.19.5.	Diseño	.	.	.	327
6.19.5.1.	Altura	.	.	.	327
6.19.5.2.	Forma	.	.	.	328
6.19.5.3.	Permeabilidad	.	.	.	329
6.19.5.4.	Ancho	.	.	.	330
6.19.6.	Especies	.	.	.	331
6.19.6.1.	Características	.	.	.	331
6.19.6.2.	Clasificación	.	.	.	332
6.19.6.2.1.	Principales	.	.	.	332
6.19.6.2.2.	Secundarias	.	.	.	332
6.19.6.2.3.	Accesorias	.	.	.	332
6.19.7.	Tipos de Cortinas	.	.	.	335
6.19.7.1.	Cortinas para la Producción de Leña	.	.	.	335
6.19.7.2.	Cortinas Rompevientos con Frutales	.	.	.	335
6.19.7.3.	Cortinas Rompevientos con Especies Maderables	.	.	.	336
6.19.8.	Establecimiento	.	.	.	336
6.19.8.1.	Preparación del Terreno	.	.	.	336
6.19.8.2.	Orientación	.	.	.	336
6.19.8.3.	Plantación	.	.	.	337

		<i>Página</i>
6.19.9.	Manejo . . . . .	340
6.20.	Manejo Integrado de Plagas con Conservación de Suelos . . . . .	341
6.20.1.	Generalidades . . . . .	341
6.20.2.	Definición . . . . .	343
6.20.3.	Formas de Controlar Plagas en la Agricultura . . . . .	343
6.20.4.	Control Biológico . . . . .	345
6.20.4.1.	Generalidades . . . . .	345
6.20.4.2.	Tipos de Control Biológico . . . . .	345
6.20.4.2.1.	Control Biológico Nativo . . . . .	345
6.20.4.2.2.	Control Biológico Manejado . . . . .	345
6.20.5.	Plaguicidas Botánicos . . . . .	346
6.20.5.1.	Generalidades . . . . .	346
6.20.5.2.	Ventajas y Desventajas . . . . .	347
6.20.5.3.	Modos de Acción . . . . .	348
6.20.5.3.1.	Repelentes . . . . .	348
6.20.5.3.2.	Antialimentario . . . . .	348
6.20.5.3.3.	Insecticidas de Contacto . . . . .	349
6.20.5.3.4.	Agentes Morfogénicos . . . . .	349
6.20.5.3.5.	Sustancias Atrayentes . . . . .	349
6.20.5.3.6.	Inhibidores de Crecimiento . . . . .	349
6.20.5.3.7.	Efecto Sistémico . . . . .	349
6.20.5.4	Uso de Plaguicidas Botánicos en Nicaragua . . . . .	350



6.21.	Prácticas Mecánicas	.	.	.	.	355
6.21.1.	Generalidades	.	.	.	.	355
6.21.2.	Terrazas	.	.	.	.	357
6.21.2.1.	Generalidades	.	.	.	.	357
6.21.2.2.	Definición	.	.	.	.	358
6.21.2.3.	Beneficios	.	.	.	.	359
6.21.2.4.	Adaptabilidad	.	.	.	.	359
6.21.2.4.1.	Clima	.	.	.	.	359
6.21.2.4.2.	Erosión	.	.	.	.	360
6.21.2.4.3.	Topografía	.	.	.	.	310
6.21.2.4.4.	Pedregosidad	.	.	.	.	360
6.21.2.4.5.	Suelos	.	.	.	.	360
6.21.2.4.6.	Disponibilidad de Maquinaria y Mano de Obra	.	.	.	.	361
6.21.2.5.	Planeamiento y Diseño	.	.	.	.	361
6.21.2.5.1.	Espaciamiento	.	.	.	.	362
6.21.2.5.2.	Forma de la Sección Transversal	.	.	.	.	365
6.21.2.5.3.	Características del Canal de la Terraza	.	.	.	.	368
6.21.2.5.3.1.	Tipos de Canales	.	.	.	.	368
6.21.2.5.3.2.	Desnivel o Gradiente del Canal	.	.	.	.	369
6.21.2.5.3.3.	Velocidad Máxima Permisible en el Canal	.	.	.	.	371
6.21.2.5.4.	Capacidad de Almacenamiento de la Terraza	.	.	.	.	375

		<i>Página</i>
6.21.2.5.5.	Longitud . . . .	376
6.21.2.5.6.	Desagües . . . .	376
6.21.2.5.7.	Ubicación de los Caminos Agrícolas .	377
6.21.2.6.	Demarcación . . . .	378
6.21.2.7.	Construcción . . . .	379
6.21.2.8.	Conservación . . . .	381
6.21.2.9.	Cultivo de las Terrazas . . . .	382
6.21.2.10.	Clasificación . . . .	385
6.21.2.10.1.	De acuerdo a la Condición de Escurrimiento . . . .	385
6.21.2.10.1.1.	Terrazas a Nivel . . . .	385
6.21.2.10.1.2.	Terrazas con Declive o de Drenaje .	387
6.21.2.10.2.	De acuerdo a su Construcción . . .	389
6.21.2.10.2.1.	Terrazas de Canal . . . .	389
6.21.2.10.2.2.	Terrazas de Caballón . . . .	389
6.21.2.10.3.	De acuerdo al tipo de Desagüe . . .	390
6.21.2.10.3.1.	Terrazas con Desagüe hacia un Cauce Empastado . . . .	390
6.21.2.10.3.2.	Terrazas con Desagüe hacia un Sistema de Drenaje Superficial . . . .	391
6.21.2.10.3.3.	Terrazas de Absorción . . . .	391
6.21.2.10.4.	De acuerdo a su Sección Transversal .	392
6.21.2.10.4.1.	Terrazas de Base Ancha . . . .	393
6.21.2.10.4.2.	Terrazas de Base Angosta o de Formación Continua . . . .	393

	<i>Página</i>
6.21.2.10.4.3. Terrazas de Canal Amplio o de Zingg .	394
6.21.2.10.4.4. Terrazas de Banco . . .	395
6.21.2.10.4.4.1. Generalidades . . .	395
6.21.2.10.4.4.2. Definición . . .	397
6.21.2.10.4.4.3. Ventajas y Desventajas . . .	397
6.21.2.10.4.4.4. Tipos . . .	398
6.21.2.10.4.4.5. Diseño y Construcción . . .	400
6.21.2.10.4.5. Terrazas de Bancos Alternos . . .	404
6.21.2.10.4.5.1. Ventajas y Desventajas . . .	404
6.21.2.11. Terrazas Individuales . . .	405
6.21.2.11.1. Generalidades . . .	405
6.21.2.11.2. Definición . . .	407
6.21.2.11.3. Ventajas y Desventajas . . .	407
6.21.2.11.4. Especificaciones y Construcción . . .	408
6.21.2.12. Acequias de Ladera . . .	411
6.21.2.12.1. Generalidades . . .	411
6.21.2.12.2. Definición . . .	412
6.21.2.12.3. Ventajas y Desventajas . . .	413
6.21.2.12.4. Diseño, Construcción y Mantenimiento .	414
6.21.2.13. Barreras de Piedra . . .	417
6.21.2.13.1. Generalidades . . .	417
6.21.2.13.1. Definición . . .	418
6.21.2.13.2. Ventajas y Desventajas . . .	418

					<i>Página</i>
6.21.2.13.3.	Construcción	.	.	.	419
6.21.2.13.4.	Protección y Mantenimiento	.	.	.	421
6.21.2.14.	Cubas de Infiltración	.	.	.	422
6.21.2.14.1.	Generalidades	.	.	.	422
6.21.2.15.	Canales de Desviación	.	.	.	423
6.21.2.16.	Prácticas de Control de Erosión en Cárcavas	.	.	.	426
6.21.2.16.1.	Generalidades	.	.	.	426
6.21.2.16.2.	Etapas para el Control de Cárcavas	.	.	.	429
6.21.2.16.2.1.	Cabeceo de Torrenteras	.	.	.	429
6.21.2.16.2.2.	Establecimiento y Construcción de Presas de Control de Azolves	.	.	.	430
6.21.2.16.2.2.1.	Ventajas y Desventajas	.	.	.	431
6.21.2.16.2.2.2.	Clasificación	.	.	.	431
6.21.2.16.2.2.3.	Componentes	.	.	.	432
6.21.2.16.2.2.3.1.	Cortina	.	.	.	432
6.21.2.16.2.2.3.2.	Vertedor	.	.	.	433
6.21.2.16.2.2.3.3.	Delantal	.	.	.	433
6.21.2.16.2.2.4.	Recomendaciones Generales para el establecimiento de Diques de Recuperación	.	.	.	435
6.21.2.16.2.2.5.	Distanciamiento	.	.	.	436

	<i>Página</i>
6.21.2.16.2.2.6. Descripción de algunos Tipos de Diques . . . . .	442
6.21.2.16.2.2.6.1. Diques de Piedra . . . . .	442
6.21.2.16.2.2.6.2. Diques de Madera Rolliza . . . . .	445
6.21.2.16.2.2.6.3. Empalizadas . . . . .	446
6.21.2.16.2.3. Establecimiento de Vegetación Permanente . . . . .	447
6.22. Recomendaciones Generales para la Transferencia de Prácticas de Conservación de Suelos y Agua . . . . .	449
6.23. Clave para Seleccionar Prácticas de Conservación de Suelos y Agua . . . . .	449
6.24. Tipología de Prácticas de Conservación de Suelos y Agua para Laderas . . . . .	450
6.25. Resumen de Principales Prácticas Agronómicas y Mecánicas utilizadas en la Conservación de Suelos y Agua . . . . .	454

## ***CAPITULO VII***

### ***PLANIFICACION CONSERVACIONISTA, DISEÑO Y MEJORAMIENTO ECOLOGICO DE FINCAS***

7.1. Generalidades . . . . .	459
7.2. Fases para la Planificación Conservacionista de Finca . . . . .	461
7.2.1. Diagnóstico Técnico-Económico . . . . .	461
7.2.2. Elaboración del Mapa de Situación Actual de la Finca . . . . .	461

	<i>Página</i>
7.2.3. Elaboración del Mapa del Plan de Manejo Conservacionista de la Finca . . .	463
7.2.3.1. Determinación del Uso Preferible de la Tierra . . .	463
7.2.3.2. Selección de las Medidas y Prácticas de Manejo . . .	464
7.2.3.3. Elaboración del Mapa "Plan de Conservación de la Finca" . . .	464
7.3. Uso del Plan de Conservación de la Finca .	466
7.4. Estrategia para implementar el Plan Conservacionista de la Finca . .	468
7.4.1. Intensificación Parcial . . .	468
7.4.2. Tratamiento Progresivo . . .	468
7.4.3. Flexibilidad . . .	468
7.5. Participación de los Agricultores en el Programa de Conservación de la Finca . .	469
7.5.1. Técnicas de Extensión . . .	469
7.5.2. Incentivos . . .	471
7.5.2.1. Alimentos por Trabajo . . .	471
7.5.2.2. Pago Social . . .	473
7.5.2.3. Donación de Bienes de Capital . . .	473
7.5.2.4. Crédito Subsidiado o Condicionado . . .	474
7.5.2.5. Utilización de Concursos . . .	475
7.5.2.6. Entrega de premios para aprovechar el Bosque . . .	475

	<i>Página</i>
7.5.2.7. Asistencia Técnica . . .	475
7.5.3. Incentivos Utilizados en Nicaragua . .	475
7.6. Diseño y Mejoramiento Ecológico de Finca .	477
7.6.1. Definición . . . .	477
7.6.2. Formulación . . . .	477
7.6.3. Principios . . . .	479
7.6.4. Componentes . . . .	479
7.6.5. Aspectos que deben considerarse para la Formulación de un Plan de Mejoramiento Ecológico de una Finca . . . .	480
7.6.6. Importancia de los animales en los Sistemas Agrícolas Mixtos . . . .	483

## *CAPITULO VIII*

### *MÉTODOS PARA MEDIR LA EROSION DE SUELOS Y EVALUAR PRACTICAS DE MANEJO*

8.1. Generalidades . . . .	494
8.2. Métodos de Investigación Utilizados para Estudiar la Erosión de Suelo . . . .	495
8.2.1. Métodos de Reconocimiento . . . .	495
8.2.1.1. Generalidades . . . .	495
8.2.1.2. Clavos con Arandelas . . . .	496
8.2.1.2. Tapas de Botella . . . .	498
8.2.1.3. Marcaje de Piedras . . . .	499
8.2.1.4. Medición de Pedestales . . . .	500

	<i>Página</i>
8.2.2. Cuantificación del Suelo Perdido por Erosión Laminar . . .	500
8.2.3. Cuantificación de Erosión en Cárcavas . . .	501
8.2.3.1. Generalidades . . .	501
8.2.3.2. Métodos de Cuantificación . . .	502
8.2.3.2.1. Ampliación de la Cárcava . . .	502
8.2.3.2.2. Aumento en Profundidad de la Cárcava . . .	503
8.2.3.2.2.1. Levantamientos Periódicos de la Sección Transversal . . .	503
8.2.3.2.2.2. Clavos y Arandelas . . .	504
8.2.4. Experimentos de Campo . . .	507
8.2.4.1. Generalidades . . .	507
8.2.4.2. Lotes de Escurrimiento . . .	508
8.2.4.2.1. Generalidades . . .	508
8.2.4.2.2. Definición . . .	509
8.2.4.2.3. Usos . . .	509
8.2.4.2.4. Ventajas y Limitantes . . .	510
8.2.4.2.5. Componentes y Descripción . . .	511
8.2.4.2.5.1. Bordes . . .	511
8.2.4.2.5.2. Canal Interceptor . . .	511
8.2.4.2.5.3. Canal Conductor . . .	512
8.2.4.2.5.4. Tanques de Almacenamiento . . .	513
8.2.4.2.6. Procedimiento General para Cuantificar Pérdidas de Suelo y Agua por medio de Lotes de Escurrimiento . . .	515



	<i>Página</i>
8.2.4.2.7. Utilización de las Parcelas de Erosión en Nicaragua . . .	517
8.2.4.3. Simuladores de Lluvia . . .	518
8.2.4.3.1. Generalidades . . .	518
8.2.4.3.2. Ventajas y Objetivos . . .	520
8.2.4.3.3. Características . . .	521
8.2.4.3.4. Mini-Simulador de Lluvia . . .	522
8.2.4.3.4.1. Generalidades . . .	522
8.2.4.3.4.2. Ventajas y Limitaciones . . .	524
8.2.4.3.4.3. Descripción de la Metodología . . .	525
8.2.4.3.4.3.1. Preparación del Mini-Simulador . . .	525
8.2.4.3.4.3.2. Preparación de la Parcela . . .	526
8.2.4.3.4.4. Manejo . . .	529
8.2.4.4. Levantamiento de la Erosión Actual . . .	530
8.2.4.4.1. Generalidades . . .	530
8.2.4.4.2. Objetivos . . .	530
8.2.4.4.3. Ventajas y Limitantes . . .	531
8.2.4.4.4. Descripción de la Metodología . . .	532
8.2.4.4.4.1. Fotointerpretación . . .	532
8.2.4.4.4.2. Observaciones en el Campo . . .	533
8.2.4.4.4.3. Mediciones de Erosión Laminar, en Surcos y en Cárcavas . . .	534

	<i>Página</i>
8.2.4.5. Otras metodologías . . .	535
8.2.4.5.1. Uso de Cesio-137 para evaluar la erosión de suelos . . .	535
8.2.4.5.1.1. Generalidades . . .	535
8.2.4.5.2. Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar estudios de Degradación de Suelos . . .	538
8.2.4.5.2.1. Generalidades . . .	538
8.2.4.5.2.2. Definición . . .	538
8.2.4.5.2.3. Usos . . .	538
8.2.4.5.3. Rendimientos Históricos . . .	542
8.2.4.5.3.1. Generalidades . . .	542
8.2.4.5.3.2. Usos . . .	542
8.2.4.5.3.3. Objetivos . . .	543
8.2.4.5.3.4. Ventajas y Limitaciones . . .	543
8.2.4.5.3.5. Descripción . . .	544
8.2.4.5.3.5.1. Definición de los Objetivos . . .	544
8.2.4.5.3.5.2. Ubicación del Lugar . . .	544
8.2.4.5.3.5.3. Selección de los Agricultores . . .	544
8.2.4.5.3.5.4. Aplicación de la Tecnología . . .	545
8.2.4.5.3.5.5. Tamaño de la Muestra . . .	545
8.2.4.5.3.5.6. Recolección de la Información . . .	545
8.2.4.5.3.6. Aplicación en Nicaragua . . .	545

8.2.4.5.4.	Entrevistas con Agricultores . . .	546
8.2.4.5.4.1.	Generalidades . . .	546
8.2.4.5.4.2.	Ventajas y Limitaciones . . .	547
8.2.4.5.4.3.	Recomendaciones de Uso . . .	547
8.2.4.5.4.3.1.	Sondeo Inicial . . .	548
8.2.4.5.4.3.2.	Trabajo de Medición de Erosión o de Conservación de Suelos y Agua bajo ejecución . . .	549

## *CAPITULO IX*

### *METODOS PARA ESTIMAR EROSION DE SUELOS*

9.1.	Introducción . . .	550
9.2.	Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo .	551
9.2.1.	Generalidades . . .	551
9.2.2.	Definición . . .	554
9.2.3.	Objetivos y Limitaciones . . .	555
9.2.4.	Reseña Histórica . . .	558
9.2.5.	Descripción . . .	560
9.2.6.	Procedimiento de Cálculo . . .	562
9.2.6.1.	Factor Erosividad de la Lluvia (R) .	562
9.2.6.2.	Factor Erodabilidad del Suelo (K) .	565
9.2.6.3.	Factor Longitud y Pendiente del Declive (LS) . . .	567

		<i>Página</i>
9.2.6.4.	Factor Cubierta Vegetal . . . . .	570
9.2.6.5.	Factor Método de Control de la Erosión . . . . .	572
9.3.	Tolerancia de Pérdida de Suelo . . . . .	574
9.3.1.	Generalidades . . . . .	574
9.3.2.	Definición . . . . .	575
9.3.3.	Aspectos Generales que se deben tomar en cuenta al señalar los Límites Aceptables de Erosión de un Suelo . . . . .	575
9.4.	Ecuación Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE) . . . . .	577
9.4.1.	Generalidades . . . . .	577
9.5.	Método Onstand - Foster (AOF) . . . . .	578
9.5.1.	Generalidades . . . . .	578
9.6.	Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo (MUSLE) . . . . .	579
9.6.1.	Generalidades . . . . .	579
9.7.	Ecuación de Erosión Eólica (WEP) . . . . .	580
9.7.1.	Generalidades . . . . .	580
9.7.2.	Descripción . . . . .	581
9.8.	Ecuaciones de Erosión en Modelos de Simulación . . . . .	582
9.8.1.	Generalidades . . . . .	582

## **CAPITULO X**

### **EL PROCESO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO**

10.1.	Generalidades . . . .	584
10.2.	Marco Conceptual . . . .	588
10.3.	El Proceso de Desarrollo Tecnológico .	590
10.3.1.	La Teoría Difusionista . . . .	590
10.3.2.	Modelos de Generación y Difusión de Tecnología . . . .	592
10.3.3.	Enfoques de Desarrollo de Tecnología .	594
10.3.3.1.	Desarrollo de Tecnología Nativa (DTN) .	594
10.3.3.2.	Transferencia de Tecnología (TDT) .	595
10.3.3.3.	Desarrollo Participativo de Tecnología (DPT) . . . .	595
10.4.	Tipos de Tecnología . . . .	597
10.4.1.	Tecnologías de Manejo o de Tipo Cultural	598
10.4.2.	Tecnologías Biológicas . . . .	599
10.4.3.	Tecnologías Químicas . . . .	599
10.4.4.	Tecnologías Mecánicas . . . .	599
10.5.	Antecedentes del Proceso de Desarrollo Tecnológico en el Sector Agropecuario Nicaragüense . . . .	600

## CAPITULO XI

### HERRAMIENTAS METODOLOGICAS PARA DIAGNOSTICO Y PLANIFICACION

11.1.	Generalidades	613
11.2.	El Diagnóstico Rápido Participativo (DRP)	614
11.2.1.	Definición	614
11.2.2.	Usos del DRP	615
11.2.3.	Ventajas del DRP	617
11.2.4.	Limitaciones del DRP	618
11.2.5.	Tipos de DRP	620
11.2.5.1.	Exploratorio	620
11.2.5.2.	Temático	620
11.2.5.3.	Participativo	620
11.2.5.4.	Evaluativo	620
11.2.6.	DRP vs Diagnóstico Tradicional	621
11.2.7.	Breve Reseña Histórica del DRP	621
11.2.8.	Elementos Metodológicos del DRP	623
11.2.8.1.	Recolección de Información Oportuna	623
11.2.8.2.	Trabajar en Equipos Interdisciplinarios	623
11.2.8.3.	Involucrar a los beneficiarios en la ejecución sobre las conclusiones y propuestas de acciones	623

11.2.8.4.	Manera semi-estructurada mediante la cual se lleva a cabo la investigación . . .	624
11.2.8.5.	Aplicación de los diferentes instrumentos de "Muestreo" de la población que vive en la zona de Diagnóstico . . .	624
11.2.8.6.	Triangulación de la Información . . .	624
11.2.8.7.	Visualización de la Información . . .	625
11.2.8.8.	Restitución y Retroalimentación de la Información . . .	625
11.2.8.9.	Cambio de actitud del Encuestador . . .	626
11.2.8.10.	Utilización de diferentes Técnicas e Instrumentos de Investigación . . .	626
11.2.9.	Técnicas de Investigación utilizadas en el DRP . . .	627
11.2.9.1.	Estratificación y Elección de una Muestra de Entrevistados . . .	628
11.2.9.1.1.	Muestreo Aleatorio o al Azar . . .	628
11.2.9.1.2.	Muestreo con un Propósito . . .	628
11.2.9.1.3.	Muestreo Estratificado . . .	628
11.2.9.1.3.1.	Estratificación Geográfica . . .	628
11.2.9.1.3.2.	Estratificación por Riqueza . . .	628
11.2.9.2.	Entrevistas Semi-estructuradas . . .	629
11.2.9.2.1.	Tipos de Entrevistas Semi-estructuradas . . .	629
11.2.9.2.1.1.	Entrevistas Individuales . . .	629
11.2.9.2.1.2.	Entrevistas a Grupos Elegidos . . .	629
11.2.9.2.1.3.	Entrevistas a Grupos Generales . . .	629

	<i>Página</i>
11.2.9.2.2. Elementos importantes de una Entrevista Semi-estructurada . . . . .	630
11.2.9.2.3. Errores que puede cometer un Entrevistador al realizar una Entrevista Semi-estructurada	630
11.2.9.2.4. Recomendaciones Generales para realizar una Entrevista Semi-estructurada . . . . .	631
11.2.9.3. Ordenamiento por Preferencia . . . . .	633
11.2.9.3.1. Recomendaciones Generales para realizar un Ordenamiento por Preferencia . . . . .	633
11.2.9.3.2. Desventajas . . . . .	634
11.2.9.4. Mapas . . . . .	634
11.2.9.4.1. Recomendaciones Generales para la confección de un Mapa . . . . .	635
11.2.9.5. Cortes Transversales . . . . .	636
11.2.9.5.1. Recomendaciones Generales para la confección de un Transecto . . . . .	637
11.2.9.6. Calendarios Estacionales . . . . .	637
11.2.9.6.1. Tipos de Calendarios Estacionales . . . . .	638
11.2.9.6.1.1. Lineal . . . . .	638
11.2.9.6.1.2. Circular . . . . .	638
11.2.9.7. Diagramas Históricos . . . . .	639
11.2.9.7.1. Tipos de Diagramas Históricos . . . . .	639
11.2.9.7.1.1. Transectos Históricos . . . . .	639
11.2.9.7.1.2. Calendarios Históricos . . . . .	639
11.2.9.7.1.3. Otros Diagramas . . . . .	640



	<i>Página</i>
11.2.9.7.1.3.1. Diagrama de Flujos . . .	640
11.2.9.9. Diagrama de Venn . . .	641
11.2.9.9.1. Recomendaciones Generales para la confección de un Diagrama de Venn . . .	641
11.2.10. Fases del DRP . . .	643
11.2.10.1. Preparación . . .	643
11.2.10.2. Trabajo de Campo . . .	643
11.2.10.3. Propuesta preliminar de acciones . . .	643
11.2.10.4. Devolución y Retroalimentación . . .	643
11.2.10.5. Informe del Diagnóstico . . .	643
11.3. Planificación de Proyectos de Desarrollo en base al Marco Lógico o Planificación por Objetivos . . .	648
11.3.1. Generalidades . . .	648
11.3.2. Marco Conceptual . . .	650
11.3.3. Usos del EML . . .	653
11.3.4. Ventajas y Desventajas del Uso del EML . . .	654
11.3.5. Principios Básicos del PPO . . .	655
11.3.6. Principales pasos del PPO . . .	656
11.3.6.1. Análisis de una situación en la que se identifican las relaciones casuales esenciales más directas . . .	656
11.3.6.1.1. Análisis de la Participación . . .	656
11.3.6.1.2. Análisis de Problemas . . .	657
11.3.6.1.3. Análisis de los Objetivos . . .	659
11.3.6.1.4. Análisis de Alternativas . . .	660

	<i>Página</i>
11.3.6.2.      Elaboración de la Matriz de Planificación del Proyecto . . .	661
11.3.6.2.1.    Principales Elementos de la Matriz de Planificación del Proyecto . . .	663
11.3.6.2.1.1.      Objetivo de Desarrollo . . .	663
11.3.6.2.1.2.      Objetivo Inmediato . . .	663
11.3.6.2.1.3.      Resultados o Productos . . .	664
11.3.6.2.1.4.      Actividades . . .	664
11.3.6.2.1.5.      Insumos . . .	664
11.3.6.2.1.6.      Indicadores Verificables Ojetivamente	665
11.3.6.2.1.6.1.    Características de un Buen Indicador	666
11.3.6.2.1.7.      Fuentes de Verificación . . .	667
11.3.6.2.1.8.      Supuestos . . .	668
11.4.            El Análisis y Planificación a través del FODA . . .	670
11.4.1.          Generalidades . . .	670
11.4.2.          Marco Conceptual . . .	671
11.4.3.          Características del Monitoreo y la Evaluación . . .	672
11.4.4.          Ventajas del FODA . . .	674
11.4.5.          Utilización del FODA en la Planificación	674
11.4.6.          Ventana del FODA . . .	676
11.4.7.          Recomendaciones Generales para realizar un FODA . . .	678

## CAPITULO XII

### EL ENFOQUE GLOBAL DE LA CONSERVACION DE SUELOS A LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

12.1.	Generalidades . . . . .	680
12.2.	Concepto de Sistema de Producción . . . . .	683
12.2.1.	Ejemplos que muestran interacción entre diversos Subsistemas de la Finca . . . . .	685
12.2.1.1.	Interacción entre los Subsistemas Agroforestal y Pecuario . . . . .	685
12.2.1.2.	Interacción entre Arboles y Cultivos . . . . .	686
12.2.1.3.	Interacción entre Animales y Cultivos . . . . .	686
12.2.1.4.	Interacción entre el Hogar y demás Subsistemas . . . . .	687
12.2.1.5.	Interacción entre el Sistema y el Entorno . . . . .	687
12.3.	Concepto de Desarrollo Sostenible . . . . .	689
12.4.	Componentes del Desarrollo Sostenible . . . . .	693
12.5.	Criterios e Indicadores de Sostenibilidad . . . . .	696
12.6.	Factores que condicionan la Sostenibilidad de Proyectos de Desarrollo Rural . . . . .	697
12.6.1.	Factores Socio-Culturales . . . . .	698
12.6.1.1.	Factores que determinan la Sostenibilidad Sociocultural . . . . .	698
12.6.1.1.1.	Participación de la Población . . . . .	698

## CAPITULO XII

### EL ENFOQUE GLOBAL DE LA CONSERVACION DE SUELOS A LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

12.1.	Generalidades . . . . .	680
12.2.	Concepto de Sistema de Producción . . . . .	683
12.2.1.	Ejemplos que muestran interacción entre diversos Subsistemas de la Finca . . . . .	685
12.2.1.1.	Interacción entre los Subsistemas Agroforestal y Pecuario . . . . .	685
12.2.1.2.	Interacción entre Arboles y Cultivos . . . . .	686
12.2.1.3.	Interacción entre Animales y Cultivos . . . . .	686
12.2.1.4.	Interacción entre el Hogar y demás Subsistemas . . . . .	687
12.2.1.5.	Interacción entre el Sistema y el Entorno . . . . .	687
12.3.	Concepto de Desarrollo Sostenible . . . . .	689
12.4.	Componentes del Desarrollo Sostenible . . . . .	693
12.5.	Criterios e Indicadores de Sostenibilidad . . . . .	696
12.6.	Factores que condicionan la Sostenibilidad de Proyectos de Desarrollo Rural . . . . .	697
12.6.1.	Factores Socio-Culturales . . . . .	698
12.6.1.1.	Factores que determinan la Sostenibilidad Sociocultural . . . . .	698
12.6.1.1.1.	Participación de la Población . . . . .	698

	<i>Página</i>
12.6.1.1.2. Organizaciones Locales . . .	700
12.6.1.1.3. Tecnología Socioculturalmente Aceptable	701
12.6.1.1.4. Relación entre el personal técnico del proyecto y la comunidad . . .	702
12.6.1.1.5. Papel de la mujer . . .	703
12.6.2. Factores Ecológicos . . .	703
12.6.2.1. Factores que influyen en la Sostenibilidad Ecológica . . .	704
12.6.2.2. Principios Ecológicos de la Sostenibilidad	705
12.6.3. Factores Tecnológicos . . .	707
12.6.3.1. Factores que influyen en la Sostenibilidad Tecnológica . . .	707
12.6.3.1.1. Tecnología apropiada validad . . .	707
12.6.3.1.2. Acceso a los recursos necesarios . . .	708
12.6.3.1.3. Capacitación de recursos técnicos . . .	708
12.6.3.1.4. Personal técnico . . .	709
12.6.3.1.5. Acceso a la asistencia técnica . . .	709
12.6.3.1.6. Investigación . . .	710
12.6.4. Factores Económicos . . .	710
12.6.5. Factores Institucionales . . .	713
12.6.5.1. Factores que influyen en la Sostenibilidad Técnica . . .	714
12.6.5.1.1. Capacidad Logística . . .	714
12.6.5.1.2. Arreglos institucionales entre el equipo propio del Proyecto y sus Contrapartes .	714

12.6.5.1.3.	Capacidad e interés de la Institución Contraparte (Local, Regional o Nacional) de absorber la infraestructura y la responsabilidad de dar seguimiento al Proyecto	715
12.6.5.1.4.	Apoyo externo después de terminar el Proyecto	715
12.6.5.1.5.	Continuidad del apoyo al terminar la fase formal del Proyecto	715
12.6.5.1.6.	Uso de Incentivos y Subsidios	717
12.6.6.	Factores Políticos y Legales	718
12.7.	Elementos que se deben considerar para que el Desarrollo Rural sea sostenible	720
12.8.	Principios de una Sociedad Sostenible	721
12.9.	Estrategia para el Desarrollo Sostenible en Nicaragua	721
12.10.	Enfoques de la Agricultura	723
12.10.1.	Agricultura Tradicional	723
12.10.1.1.	Características	723
12.10.2.	Agricultura Convencional	724
12.10.2.1.	Generalidades	724
12.10.2.2.	Características	724
12.10.2.3.	Ventajas	725
12.10.2.4.	Desventajas	725
12.10.2.5.	Impactos Negativos	726
12.10.3.	Agricultura de Bajos Insumos Externos	727
12.10.3.1.	Características	727

		<i>Página</i>
12.11.	Agricultura Sostenible . . .	728
12.11.1.	Generalidades . . .	728
12.11.2.	Marco Conceptual . . .	728
12.11.3.	Definición . . .	731
12.11.4.	Requisitos . . .	732
12.11.5.	Principios . . .	733
12.11.6.	Ventajas . . .	737
12.11.7.	Causas que inciden negativamente en el Desarrollo de la Agricultura Sostenible en Nicaragua . . .	738
12.11.8.	Antecedentes sobre Agricultura Sostenible en Nicaragua . . .	739
12.11.9.	Instituciones y Proyectos promotores de una Agricultura Sostenible en Nicaragua . . .	741
12.11.9.1.	Instituciones . . .	741
12.11.9.2.	Proyectos . . .	743
12.11.9.2.1.	Proyecto Control de Erosión de Occidente . . .	743
12.11.9.2.2.	Proyecto Cuenca Sur del Lago Xolotlán . . .	744
12.11.9.2.3.	Proyecto FAO-IRENA en la Cordillera de Los Maribios . . .	744
12.11.9.2.4.	Proyecto de Desarrollo Sostenible Pikín Guerrero . . .	746
12.11.9.2.5.	Proyecto Conservación de Suelos en la Región VI . . .	747
12.11.9.2.6.	Finca La Esperancita . . .	747
12.11.9.2.7.	Programa Campesino a Campesino . . .	748

12.11.9.2.8.	Proyecto de Café Orgánico	. 750
12.11.9.2.9.	Proyecto de Capacitación Campesina Horizontal y Desarrollo Sostenible-Río San Juan	. 751
12.12.	Factores necesarios para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible en Nicaragua	. 752
12.13.	Agricultura Convencional vs Agricultura Sostenible	. 754

ANEXOS

AGRONIVEL TIPO "A"

LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

BIBLIOGRAFIA



# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION A LA CONSERVACION**

### **DE SUELOS Y AGUA**

### 1.1.- **GENERALIDADES**

\* Al hombre le interesa el suelo ante todo para la agricultura, porque desde la prehistoria el hombre ha dependido directamente de la tierra, de las formaciones vegetales y de sus cultivos, por lo que las tierras agrícolas constituyen el primer recurso natural de cualquier país, y como tal el Estado debe preocuparse por su conservación, dado que la población rural no tiene los medios físicos y económicos que son necesarios para sostener las grandes inversiones que se requieren para reparar los daños causados por el mal uso de los recursos naturales, a lo largo de muchas generaciones.

La superficie terrestre total del mundo es de 13,000 millones de hectáreas, de las cuales menos de la mitad pueden servir para la agricultura y el pastoreo. En la actualidad cerca de 1,400 millones de hectáreas se destinan a la siembra de cultivos. El resto está compuesto de tierras demasiado húmedas o demasiado secas, de escaso espesor o excesivamente pedregosas, algunas son tóxicas o carecen de los nutrientes que necesitan las plantas y otras están permanentemente congeladas.

Las civilizaciones surgieron en los lugares donde la agricultura era más productiva. Cada vez que declinó la producción agrícola, en general debido al mal aprovechamiento de los suelos, decayeron también las civilizaciones y a veces, desaparecieron del todo. El mismo proceso de degradación de los suelos que destruyó las civilizaciones del pasado sigue en marcha en la actualidad.

Lo que impide la erosión de los suelos en su estado natural es la Cubierta Vegetal, cuando los terrenos han estado protegidos con una cubierta de pastos, árboles o de cualquier otra vegetación densa, la remoción del suelo es sumamente lenta sin que sobrepase, por lo general a su formación. Esta forma de erosión se denomina **Erosión Natural** y se desarrolla sin la intervención del hombre, las pérdidas y formación de nuevos suelos se mantienen en equilibrio.

No son los vientos fuertes ni las lluvias la verdadera causa de la erosión acelerada de los suelos, ni lo es tampoco alguna deficiencia propia de la tierra. Es el hombre el que destruye el suelo, exigiendo a la tierra más de lo que puede darle sin recibir ayuda.

Son muchas las malas prácticas de explotación agrícola y forestal que fomentan la erosión. Esta se acelera cuando se aran tierras situadas en pendiente o se quita la cubierta herbácea de tierra semi-áridas para destinarlas al cultivo de secano y cuando se permite el pastoreo excesivo o se talán o cortan irresponsablemente los bosques de las laderas de los montes.

La erosión es uno de los problemas de mayor importancia en el mundo. Representa el origen principal de los sedimentos que contaminan las corrientes de agua que llevan los lagos y las presas. También contribuye a la desintegración de los compuestos que nutren a los vegetales que se pierden con el escurrimiento.

La erosión del suelo es un problema de mucha importancia no sólo en Nicaragua, sino que en todo el mundo, ya que ésta reduce la productividad de los suelos agrícolas.

En un país predominantemente agrícola como el nuestro, es de vital importancia que las personas responsables de la producción de alimentos estén conscientes de que la utilización de los suelos para la actividad agrícola, ganadera o forestal contribuye cada vez en mayor escala a la conservación o destrucción de los mismos; por lo que se comprenderá que es absolutamente necesario su metódica explotación, pues es la única manera de poder mantener o aumentar la producción constante de productos agropecuarios que aseguren al país un progreso continuo en su economía.

1.2.- **LA PERDIDA DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS CONSECUENCIAS EN  
LA DEGRADACION DE TIERRAS**

*Biodiversidad* se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos existentes que interactúan dentro de un ecosistema (McNely, et.al., 1990).

La biodiversidad es un término amplio que tiene muchas cualidades importantes. Se habla de diversidad genética dentro de una especie, característica clave en los procesos de mejoramiento de plantas útiles. También se puede hablar de diversidad de especies como la variación en número de especies en condiciones ecológicas particulares. También es posible referirse a diversidad de ecosistemas determinada por características de clima y suelo fundamentalmente (WXMC 1992).

La biodiversidad es la variedad total de estirpes genéticas, especies y ecosistemas. Esta debe conservarse como una cuestión de principio, pues todas las especies merecen respeto, independientemente de su utilidad para la humanidad. Proporciona beneficios económicos y mejora la calidad de vida del hombre.

La biodiversidad cambia continuamente conforme la evolución da lugar a nuevas especies. Las actividades humanas ya están acelerando el agotamiento y la extinción de especies y cambiando las condiciones de la evolución, lo cual es motivo de gran inquietud.

Las plantas y los animales que han evolucionado a lo largo de cientos de millones de años, han hecho del planeta un lugar adecuado para las formas de vida que conocemos actualmente. Ayudan a preservar el equilibrio químico de la Tierra y estabilizan el clima. Protegen las cuencas hidrográficas y reconstituyen la fuente de toda la riqueza biológica; es la base de todos nuestros alimentos, de muchas materias primas, de toda una serie de bienes y servicios, y de los materiales genéticos para la agricultura, la medicina y la industria.

La biodiversidad además de producir valiosas plantas y animales presta muchos servicios ecológicos. En ecosistemas naturales, la cubierta vegetal de un bosque o pradera previene la erosión del suelo, repone su contenido de agua y controla el anegamiento al aumentar la infiltración y reducir el escurrimiento superficial.

En sistemas agrícolas, la biodiversidad presta servicios al ecosistema más allá de la producción de alimentos, fibra, combustible e ingresos. Algunos ejemplos incluyen el reciclaje de nutrientes, el control de microclima local, la regulación de procesos hidrológicos, la abundancia de organismos indeseables, la detoxificación de compuestos químicos nocivos etc., por lo tanto los procesos de renovación y servicios al ecosistema son en su mayor parte biológicos, por lo que su persistencia depende de la mantención de la diversidad biológica.

La biodiversidad promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas, cuando éstos se pierden, los costos pueden ser significativos.

La agricultura implica la simplificación de la biodiversidad y alcanza una forma extrema en los *monocultivos*. El resultado final es la producción de un ecosistema artificial que requiere de una constante intervención humana. En la mayoría de los casos, esta intervención ocurre en la forma de insumos de agroquímicos, los cuales además de aumentar los rendimientos, resultan en una cantidad de costos ambientales y sociales indeseables (Altieri, 1987).

Económicamente los costos en la agricultura incluyen la necesidad de suplir a los cultivos con insumos externos, debido a que los agroecosistemas cuando son privados de los componentes básicos de regulación funcional no poseen la capacidad de "*SOSTENER*" su propia fertilidad del suelo y de regular sus plagas.

La *sostenibilidad* es la capacidad de un sistema agroecológico de mantener su nivel de producción haciendo frente a riesgos naturales y estructurales (Conway, 1984).

Cuando ocurren contaminaciones con pesticidas y/o nitratos, los costos envuelven a menudo una reducción de la calidad de vida, debido a la depredación del suelo y de la calidad del agua y los alimentos.

Los insectos y en general muchos patógenos de las plantas y animales, incluyendo las malezas, se adaptan con rapidez y se hacen resistentes a los pesticidas y herbicidas. Es así como por ejemplo, más de 420 especies de arthropodos se han hecho resistentes, lo que ha obligado a cambiar estrategias de combate e incluso aumentar la potencia de los químicos y las dosis (ERI 1990).

La destrucción de aguas, suelo y bosques eliminan el habitat de innumerables especies de la flora y fauna en forma directa. También los cambios del clima global y local son más rápidos que la adaptación y evolución y provocan la desaparición de muchas especies.

Se estima que en la tierra hay 1.4 millones de especies descritas, más o menos un 14% del estimado de 10 millones de especies existentes. Al destruirse el bosque y cambiar el clima, no se sabe lo que se pierde en plantas útiles para la medicina, la alimentación o si cumplen alguna función especial en algún sistema ecológico.

La más reciente de las estimaciones predice que con las actuales tasas de deforestación, se estarían perdiendo entre 2% y 8% de las especies en los próximos 25 años a partir de 1990 (Reid 1992).

La agricultura en forma de *Policultivos* presenta las siguientes ventajas:

- . Se cosecha una mayor y diversificada producción
- . Propicia un control natural de las plagas y enfermedades ahorrando el uso de insumos y bajando costos
- . Propicia el reciclaje de materiales y nutrientes y un mejor equilibrio energético
- . Se corren menos riesgos al tener mayores alternativas de comercialización en el mercado

En conclusión, la restauración de la *diversidad agrícola* en el tiempo y en espacio se puede lograr mediante el uso de rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura, intercultivos, mezclas de cultivo/ganado etc. Para lo cual se disponen de diferentes opciones para diversificar los sistemas de cultivo, dependiendo de si los sistemas de monocultivos a ser modificados están basados en cultivos anuales o perennes.

La *diversificación* puede tomar también lugar fuera de la finca, por ejemplo, en los bordes de los cultivos con cortinas rompevientos, cinturones de protección y cercas vivas, los cuales pueden mejorar el habitat para la vida silvestre y para los insectos benéficos, proveer fuentes de madera, materia orgánica, recursos para abejas polinizadoras y además, modificar la velocidad del viento y el microclima.

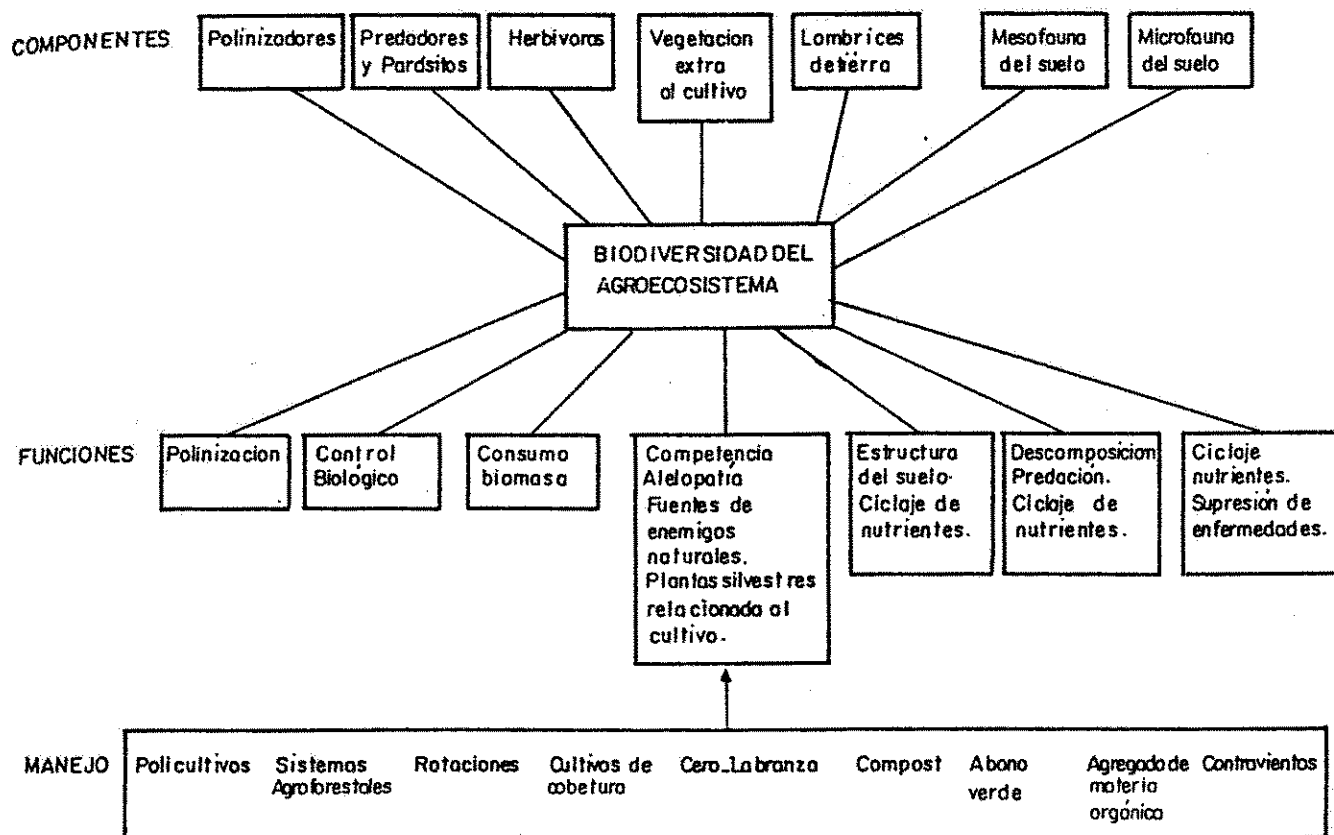
Asimismo es importante notar que al hablar de biodiversidad estamos hablando de un principio básico de conservación de suelos y agua.

#### **1.2.1.- LA BIODIVERSIDAD EN NICARAGUA**

Nicaragua posee un importante patrimonio de biodiversidad, tanto de especies como de ecosistemas. Los estudios existentes han clasificado el territorio en 9 zonas de Vida (Holdridge, 1963) y más de 27 asociaciones ecosistemáticas principales (Salas, 1990). Se han identificado en el país más de 9,000 especies de plantas y se estima la existencia de unas 4 a 5,000 especies adicionales aún no reportadas por la ciencia.

El territorio es habitado por unas 1,200 especies de vertebrados terrestres y casi 50 especies de peces pueblan los lagos y lagunas. Los litorales y costas son frecuentados por más de 350 especies de peces y más 1,500 especies de moluscos, crustáceos y otros invertebrados marinos.

La diversidad de climas y suelos ha permitido el desarrollo tecnológico y artesanal de más de 2,746 variedades de 66 especies de plantas utilizadas tradicionalmente en la producción agrícola del país, principalmente cultivos para la alimentación humana (granos alimenticios, raíces, tubérculos, musáceas, frutales y hortalizas), cultivos de exportación y cultivos del trópico húmedo.



El siguiente esquema nos presenta los componentes, funciones, y estrategias de mejoramiento de la Biodiversidad en Agroecosistemas, según Altieri, 1991.



Esta diversidad esta siendo amenazada por los procesos de degradación ambiental provocados por el **desarrollo no sustentable**. Estos procesos están provocando extinción irreversible de muchas de las especies y asociaciones ecosistemáticas importantes y preciosas. Es alarmante la extinción o desaparición paulatina de ecosistemas tan importantes como los bosques tropicales secos del Pacífico, la extinción de los manglares de las costas de León y Chinandega, las selvas tropicales húmedas de la región del Atlántico y arrecifes coralinos, bancos de hierbas submarinas y otros ecosistemas marinos tropicales de gran importancia, lo que se traduce en una pérdida incomparable de capital natural para nuestro país.

Por otro lado, el proceso de transformación que sufren los ecosistemas naturales en su transición hacia ecosistemas agropecuarios inadecuados constituyen la causa primaria de la extinción de especies y ecosistemas en Nicaragua.

Entre las principales causas que han provocado la extinción de la biodiversidad en nuestro país, podemos mencionar las siguientes:

- . Caza/extracción de subsistencia o autoconsumo
- . Extracción forestal con fines comerciales e industriales
- . Caza deportiva o cinegética
- . Caza comercial
- . Captura de especímenes vivos
- . Profundización de la crisis económica y empeoramiento del nivel y calidad de vida de los niveles de pobreza extrema, lo que origina una mayor presión económica sobre los recursos naturales, especialmente sobre la flora boscosa y la vida silvestre
- . Ampliación de la frontera agrícola, modificando el uso actual de territorios de vocación forestal y de conservación, para someterlos a usos no sostenibles como agricultura migratoria y ganadería extensiva.
- . Desarrollo de las actividades locales de explotación comercial no sostenibles, a causa del incremento en la demanda del mercado internacional de especímenes y productos de la vida silvestre

Por otra parte, los recursos escondidos en nuestras áreas naturales merecen ser investigados, conservados, aprovechados racionalmente y también protegidos. Sin embargo hay evidencias de extracción de germoplasma nica por parte de investigadores extranjeros y el país permanece totalmente indefenso y hasta cierto punto indiferente ante esta moderna variante de *Erosión Genética*, continuidad del saqueo de recursos del cual han sido víctimas la mayor parte de los países del tercer mundo por parte de las potencias económicas compañías trasnacionales.

En nuestro país, se debe partir del principio que la protección de la biodiversidad tiene que ser considerada como un requisito básico de la sustentabilidad y una responsabilidad moral fundamental de la población nicaragüense y de su gobierno.

### 1.3.- PROBLEMÁTICA ECOLÓGICA DE NICARAGUA

Nicaragua está ubicado en el centro del Istmo Centroamericano, tiene 130,000 Km<sup>2</sup> aproximadamente y unos tres millones y medio de habitantes, dispone de aguas continentales; lagos y lagunas que abarcan unos 10,000 Km<sup>2</sup>, en el territorio nacional se diferencian tres macroregiones; el *Litoral del Pacífico* con un clima de sabana tropical, donde la precipitación varía de unos 700 a 1,500 mm/año, tiene los suelos de mayor potencial agropecuario; la *Región Central* que presenta climas de sabana tropical y selva tropical húmeda con monzón, donde las precipitaciones varían de 700 a 2,000 mm/año, es una zona de transición climática, con montañas y serranías muy escarpadas, los suelos presentan fuertes limitaciones por topografía, siendo los únicos con potencial agropecuarios los que se encuentran en los valles intramontanos; y el *Litoral Atlántico* con climas; selva tropical húmedo con monzón y selva tropical húmeda, donde las precipitaciones varían de los 2,500 a los 6,000 mm anuales y los suelos presentan fuertes limitaciones por acidez, lixiviación y toxicidad por las altas concentraciones de aluminio, su capacidad de uso es forestal o de agricultura extensiva de subsistencia.

El uso agrícola, el pecuario, el forestal y el de conservación son las principales categorías de utilización de la tierra en Nicaragua.

El uso potencial no siempre coincide con su uso real, lo que provoca procesos erosivos por el mal uso o manejo, o bien subutilización de valiosas extensiones de tierras que pudieran ser incorporadas a la producción Agropecuaria o Forestal.

Nuestro país cuenta con un vasto potencial en recursos naturales que se traduce en una relativa abundancia de tierras para uso Agropecuario y Forestal. De un área total aproximada de 11.9 millones de hectáreas, 745,000 hectáreas que representan el 6.3% son aptos para cultivos anuales y 1,181,950 hectáreas que constituyen el 9.8%, son adecuadas para cultivos perennes y semiperennes.

En el siguiente cuadro podemos observar el Potencial de la Tierra tanto para las actividades Agropecuarias como Forestales y en él se destacan las 4,345,500 hectáreas de vocación estrictamente forestal, que convierten a este sector en uno de los recursos naturales más importantes del país.

**POTENCIAL GENERAL DE LA TIERRA EN NICARAGUA**

<i>CLASE DE UTILIZACION</i>	<i>HECTAREAS</i>	<i>PORCENTAJE</i>
Vocación Agropecuaria	1,925.000	18.8
Vocación Pecuaria	1,258.200	11.8
Vocación Agroforestal	1,989.600	18.6
Vocación Silvopastoril	1,503.000	14.1
Vocación Forestal	4,345.500	40.7
Areas de Conservación	978.000	9.2
TOTAL	12,000.000	

Fuente: Conagro, 1994

A continuación haremos un breve análisis acerca de la problemática que afrontan los recursos: Bosque, Suelos y Agua en el país

### 1.3.1.- **BOSQUES**

Nicaragua es un país con un gran potencial forestal. En 1950, el área cubierta con bosques era de unos 5 millones de hectáreas, pero en las últimas cuatro décadas se ha sufrido un proceso acelerado de deforestación reduciéndose a 3.4 millones de hectáreas las tierras con bosques densos ubicados principalmente en las regiones autónomas de la Costa Atlántica.

Además existen unas 250,000 hectáreas de bosques de coníferas bastante degradados que requieren ser rehabilitados y manejados adecuadamente.

De continuar esta tendencia el país podría sufrir una dramática reducción en los próximos 25 años o menos, quedando sin bosques de importancia económica.

Mientras el bosque tropical seco prácticamente ha desaparecido salvo algunas áreas remanentes en el Pacífico, el bosque tropical húmedo y pinares constituyen la mayor área boscosa con aproximadamente 1.4 millones de hectáreas.

El bosque de producción abarca 2.6 millones de hectáreas, de las cuales 1.2 millones de hectáreas se encuentran en un estado de degradación y baja productividad haciendo necesaria su restauración o recuperación natural.

Además, unos 2.5 millones de hectáreas de tierra de vocación forestal actualmente no tienen bosque, resultado de la alta tasa de deforestación experimentada en los últimos años y calculada aproximadamente 150,000 ha/año.

Se ha calculado que la tasa de deforestación en el período 1965-81 fue 100-200 mil ha/año, para el período 1982-87 se estimaba era 50 mil ha/año y en el período 1988-89 se noto una tendencia ascendente luego que se estimo una tasa de 65-70 mil ha/año.

En el período comprendido entre 1960 y 1988 el área de bosque en Nicaragua cedió alrededor de 23 mil kilómetros para propósitos agropecuarios.

Históricamente la tasa de deforestación estuvo relacionada con la distribución geográfica del recurso natural bosque y la densidad poblacional.

Sin embargo en las últimas tres décadas la tala indiscriminada realizada por las empresas madereras y la conquista de nuevas tierras para la explotación ganadera extensiva constituyeron los principales factores de degradación de los bosques en la región Central Atlántica del país y han llevado, por consiguiente a la casi desaparición de la frontera agrícola.

Las zonas más afectadas son: Nueva Guinea, en la región central este de la Costa Atlántica, la zona de Río Grande de Matagalpa y la zona aledaña a Wiwilí en el departamento de Jinotega.

En la zona del Pacífico la extracción de madera con fines energéticos para la población representa la mayor amenaza de extinción de las pocas áreas de bosque tropical seco.

### 1.3.2.- **SUELOS**

La *erosión* se considera la forma más importante de degradación de los suelos en el país y está estrechamente vinculada a la interacción entre el uso y manejo de la tierra, las características naturales del suelo y su vegetación, el relieve y las fuerzas erosivas del agua y del viento.

La deforestación indiscriminada, el crecimiento desordenado de la agricultura y la ganadería, el inadecuado uso y manejo del suelo, la predominancia de sistemas anuales de producción en monocultivo, y el uso de los suelos en desacuerdo con sus potencialidades constituyen las causas más importantes de la erosión, la cual se ha acentuado en las últimas tres décadas con la incorporación desordenada de aproximadamente cinco millones de hectáreas a la producción agropecuaria.

La *erosión hídrica* se erige como la forma fundamental de degradación de los suelos a nivel nacional, aproximadamente 7.7 millones de hectáreas del territorio nacional presentan grados variables de erosión, de los cuales según estudios realizados recientemente; 3.6 millones de hectáreas presentan un grado de erosión catalogado de fuerte a severo.

Evidentemente, con la prevalencia de las actuales prácticas agropecuarias es de esperarse un mayor deterioro del recurso suelo y en muchos casos a su abandono por la disminución drástica o total de su productividad.

### 1.3.3.- AGUA

En Nicaragua existe un gran potencial de recursos hídricos, tanto en lo referente a la aguas superficiales como subterráneas.

El país está dividido en 21 cuencas hidrográficas de las cuales 13 drenan hacia el Océano Atlántico y 8 lo hacen hacia el Pacífico.

En relación a las aguas subterráneas, las principales cuencas están localizadas en la macroregión del Pacífico, principalmente en la planicie de León-Chinandega y en la Cuenca de los Grandes Lagos.

Las demandas de agua para consumo humano, hidroenergía y riego con fines agrícolas pueden ser cubiertas con los volúmenes de agua provenientes del agua de lluvia, de los lagos y lagunas y de las aguas subterráneas que totalizan aproximadamente 309,284 millones de metros cúbicos (MMC).

Sin embargo, la irregular distribución territorial y estacional de las lluvias unido a la deforestación y al incremento de la densidad poblacional han originado áreas de escasez hídrica especialmente en la Región Pacífica y Central del país.

A pesar del gran potencial hídrico con que cuenta nuestro país, estos recursos se encuentran subutilizados y muchos de ellos sufren en la actualidad un grave proceso de contaminación.

El Lago Xolotlán y los ríos Molino Norte y San Francisco que son tributarios del Río Grande de Matagalpa son ejemplos evidentes de la contaminación de las aguas superficiales, pero también los acuíferos subterráneos de la planicie de los departamentos occidentales de León y Chinandega están amenazados por el uso indiscriminado de agroquímicos en la región.

Desde la década de los años cuarenta; con la introducción del cultivo del algodón al país para *Agroexportación*, que conllevó a la promoción y fomento de la *Agricultura Modernizante*, *la Revolución Verde* y los paquetes tecnológicos; se inició un proceso acelerado de desertificación del territorio nacional.

En el litoral del Pacífico se transformó la estructura de tenencia de la tierra, las propiedades de extensiones medias fueron confiscadas a través de los créditos bancarios y vendidas a capitalistas comerciantes, profesionales y grandes agricultores que acapararon grandes extensiones de tierras o latifundios, para agricultura de agroexportación que realizaban como actividad adicional, aprovechando la mano de obra de los campesinos expropiados que se convirtieron en obreros agrícolas asalariados; otros emigraron a las serranías, a tierras de *Vocación Agrícola Marginal (Cultivos de Ladera)* y otros emigraron a las regiones de trópico húmedo iniciando el proceso de *Tumba, Roza y Quema*, la *Agricultura Migratoria* que avanza sobre la *Frontera Agrícola*, extendiendo así el *proceso de desertificación* acelerado en todo el país.

Este proceso ha establecido, en síntesis las siguientes secuelas:

- . Destrucción ecológica de las tierras más fértiles del Pacífico.
- . Exterminio casi total de los bosques del trópico seco
- . Contaminación y agotamiento de la red hidrográfica de la región
- . Destrucción de los esteros y humedales por sedimentación, contaminación química
- . Exterminio de la fauna acuática de gran valor alimenticio
- . Destrucción de los suelos de capacidad de uso intensivo agropecuario por la erosión hídrica y eólica que ha conformado enormes cárcavas y dunas de arena
- . Contaminación de las fuentes de agua potable
- . La población de las ciudades del litoral actualmente presentan epidemias y en general afectación a la salud por contaminación química, afectaciones bronco respiratorias y gastro intestinales y es frecuente la muerte por intoxicación química de los campesinos

La leche materna presenta altos índices de químicos en concentración superior a lo establecido internacionalmente como permisible

Esas mismas consecuencias se observan en la Región Central y en la del Litoral Atlántico, donde es más impactante la destrucción de la masa forestal.

En los años de la década de los cuarenta existía un 50% del territorio nacional cubierto con vegetación, hoy en día se dice que solo queda un 25% y que la tasa de desforestación anual es aproximadamente 120 hectáreas anuales, lo que daría para tan sólo unos 15 años más de disponibilidad del recurso.

En general, podemos afirmar que esos efectos redundan en:

- . Inundaciones
- . Desertificación acelerada de las parcelas utilizadas para la agricultura
- . Déficit en disponibilidad de agua para atender las demandas de consumo de la población por la contaminación de los ríos.
- . Inseguridad alimentaria por lo aleatorio de las cosechas y de la comercialización
- . Hambre, desnutrición e insalubridad en la población

#### 1.4.- **NECESIDAD DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

Dentro de las razones por las cuales es necesario implantar *Programas de Conservación de Suelos y Aguas* podemos citar las siguientes:

- . Se están perdiendo miles de millones de toneladas de tierra cada año por la erosión acelerada debida a la acción del agua y del viento
- . { Se están degradando muchos suelos por el aumento de contenido salino
- . Son muchos los suelos que están perdiendo los minerales y las materias orgánicas que los hacen fértiles
- . La erosión merma la capacidad del suelo de retener el agua y facilitarla luego a las plantas



Es la ciencia de mantener el suelo con sus características naturales, a través de un uso y manejo que garantice una productividad sostenida

De la definición anterior podemos deducir que la conservación de suelo no se reduce a la ejecución de muchas o pocas prácticas en los predios de la finca, sino que incluye el desarrollo de un plan armónico e integral que, con base a un inventario de los recursos, fija niveles de intensidad de uso de necesidades de tratamiento, buscando siempre el establecimiento de una empresa agropecuaria próspera y estable.

Consiste en el empleo eficiente de la tierra bajo un sistema de cultivo que la preserve de la erosión (Bennett, 1974)

Es la explotación de la tierra, dentro de los límites económicos practicables, de acuerdo con sus capacidades (las propiedades que le ha conferido la naturaleza) y sus necesidades (la condición que resulta del modo de explotación por el hombre), con objeto de mantenerla en estado de productividad permanente (Bennett, 1974)

La ingeniería de conservación del suelo y del agua es la aplicación de los principios de la ingeniería a la solución de los problemas del manejo de los mismos. La conservación de dichos recursos vitales requiere de un uso sin desperdicio para asegurar altos niveles de producción que puedan mantenerse indefinidamente (Schab et.al., 1990)

El concepto moderno de conservación de suelos es el de promover el uso óptimo de la tierra, de acuerdo con su capacidad, con el fin de recuperar, mantener y mejorar sus propiedades, para garantizar su productividad sostenida y reducir al mínimo su degradación (Citado por Somarriba, M; 1993).

La conservación de suelos debe ir íntimamente ligada a la conservación y captación de agua, ya que debe promoverse exitosamente el que los cultivos cuenten con más agua disponible, lo que incrementará los rendimientos y disminuirá su variabilidad.

La conservación del agua es complementaria y factible en la mayoría de las prácticas de conservación de suelos, ya que al detenerse o aminorarse el agua de escorrentía que arrastra consigo el suelo, se incrementa la oportunidad de infiltración de esta.

La evacuación y manejo del excedente de agua de las parcelas productivas que se presenta durante algunos meses, aparte de ser un requisito para evitar daños por empozamiento, puede conllevar al almacenamiento de esta agua, principalmente en la forma de pozos o tanques de almacenamiento para usos tales como riego o abrevamiento del ganado.

En conclusión, podemos afirmar que la conservación del suelo consiste en proteger no solo las tierras de cultivo sino todas las tierras útiles, y por lo tanto es preventiva.

#### **1.6.- OBJETIVOS DE LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

La conservación de suelos por si sola tiene principalmente dos objetivos:

- . Disminuir a niveles aceptables la erosión del suelo (mayormente perdidas por arrastre del agua de escorrentía o erosión hídrica)
- . Proteger el suelo contra otros tipos de degradación, de los cuales los más comunes son la compactación, la disminución de la fertilidad y reducción de la capacidad de retención de agua

Otros objetivos que se pueden obtener de la Conservación de Suelos son los siguientes:

- . Controlar el escurrimiento superficial del agua de lluvia
- . Disminuir la velocidad del viento, mediante el establecimiento de cortinas rompevientos
- . Promover el desarrollo de la vida animal silvestre, mediante las prácticas relacionadas con este propósito
- . Fomentar el desarrollo firme y crecimiento de la ganadería en general, mediante el incremento de los pastizales y el uso racional de los mismos
- . Proteger y aumentar las zonas forestales mediante las prácticas correspondientes, con la finalidad de conservar las especies arbóreas, frutales y maderables

### 1.7.- CIENCIAS RELACIONADAS CON LA CONSERVACION DE SUELOS

La conservación del suelo y del agua se basa en la completa integración de las ciencias de la ingeniería, del clima, de las plantas y del suelo.

El ingeniero agrónomo debido a su conocimiento en suelos, plantas y otros temas afines a la agricultura, además de los fundamentos de la ingeniería, esta preparado convenientemente para llevar a cabo la integración de tales ciencias.

Para realizar proyectos de conservación de suelo y agua, el agrónomo debe conocer el suelo, sus características físicas, químicas y biológicas. También debe conocer los antecedentes sociales y económicos para que pueda aplicar de manera eficaz sus conocimientos técnicos. Debe estar al tanto de todos los mecanismos y estructuras gubernamentales que han puesto en práctica programas de conservación de suelo y agua.

El ingeniero agrónomo desempeña un papel muy especial, dado que sus esfuerzos se encaminan hacia la creación de un medio ambiente adecuado para proporcionar una óptima producción agrícola, forestal y ganadera.

La conservación de suelos se relaciona con otras ciencias, tales como:

#### **AGRONOMIA**

Es fundamental conocer los requerimientos de los cultivos, tanto climáticos, como edáficos, para formular un plan de uso y manejo conservacionista. Además se necesita conocer las prácticas culturales que se le hacen a los cultivos, pues ellas son determinantes en el manejo del suelo.

#### **SUELOS**

El conocimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, así como su clasificación, nos permitirá evaluar las necesidades conservacionistas del mismo y unificar criterios en cuanto a los diferentes tipos de suelo.

#### **GEOMORFOLOGIA**

Conociendo el relieve de una región determinada podemos determinar la mejor forma de dar tratamiento conservacionista a la misma.

**CLIMATOLOGIA**

Los diferentes componentes del clima dan la base para planificar de forma adecuada el uso y manejo conservacionista de un área determinada.

**ECOLOGIA**

Esta ciencia proporciona las herramientas necesarias en cuanto a vegetación natural, zonificación ecológica, lo que nos permitirá delimitar los diversos tratamientos de conservación de suelos que daremos según sea el caso.

**INGENIERIA AGRICOLA**

Es necesario manejar lo concerniente a hidráulica, topografía, drenaje, para realizar un buen plan de conservación de suelos.

**SILVICULTURA**

El conocimiento del manejo de los bosques permitirá complementar unidades proteccionistas y productivas empleando la foresta como alternativa de conservación de suelos.

**SOCIOLOGIA**

Es necesario conocer la cultura e idiosincrasia de la población que se verá afectada con planes conservacionistas para ver las perspectivas reales de funcionamiento de la conservación de suelos en sus áreas de cultivo.

**ECONOMIA**

Es preciso conocer la situación económica del agricultor para poder seleccionar adecuadamente las prácticas de conservación de suelos y agua de acuerdo a la disponibilidad financiera que el agricultor posee y de esta manera el plan conservacionista a implementar en la finca del agricultor tendrá aceptación por él.

Existen otras ciencias que están relacionadas con la conservación de suelo, pero las anteriores se consideran de mayor relevancia.

**1.8.- MANERA DE CONSEGUIR LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

La conservación del suelo y del agua se consigue:

- . Empleando prácticas convenientes de conservación y obras necesarias para evitar o controlar la erosión del suelo y el depósito perjudicial de los productos de la propia erosión
- . Empleando un mejor laboreo y prácticas mejoradas de recubrimiento del suelo con hojarasca, etc., y de cultivo para conservar el agua de lluvia necesaria
- . Controlando el desagüe para satisfacer las necesidades del suelo
- . Empleando agua, materia orgánica, abonos, fertilizantes, cal, etc., con el máximo de eficacia y de acuerdo con la necesidad del suelo
- . Combinando el drenaje y la irrigación para evitar la acumulación de sales tóxicas para mejorar los suelos alcalinos
- . Drenando, con el objeto de evitar el encharcamiento o mejorar los campos húmedos y los pastos
- . Implementando riego, mediante diques y bombeo, para evitar el incendio de los turbales
- . Manteniendo el manto de agua a un nivel adecuado mediante diques y bombeo, y conservando el nivel del agua mediante desagües y compuertas
- . Pasando del cultivo inadecuado (en tierras de gran pendiente, poco profundas, muy erosionables o desfavorables bajo cualquier otro aspecto) a la plantación de hierbas, árboles u otro manto protector, con el objeto de obtener un mejor uso y una mejor protección del suelo; adaptando la intensidad del uso de los pastizales y otras tierras de pastoreo, de modo que se mantenga un manto vegetal suficiente para retener el agua de lluvia, conservar una provisión de forraje adecuado y evitar la erosión
- . Drenando, regando, limpiando de maleza o rocas, o mejorando en cualquier otra forma tierras anteriormente improductivas, para adaptarlas a un uso práctico productivo

- . Irrigando y aumentando la producción de forraje
- . Utilizando para la vida silvestre los rincones sueltos, los bordes y las áreas de tierras no utilizables para los fines normales del cultivo, el pastoreo o el bosque
- . Empleando con eficiencia la maquinaria agrícola adecuada
- . Manteniendo todas las construcciones y prácticas en vista a la conservación

#### **1.9.- RELACION CONSERVACION DE SUELOS Y AGRICULTURA SOSTENIBLE**

La utilización de los recursos naturales que sustentan la existencia humana ha aumentado enormemente con el incremento sin precedentes de la población de la tierra en los tiempos modernos. El crecimiento demográfico ha ejercido ya una considerable presión sobre los recursos naturales, y en muchos casos ha dado lugar a la degradación y el agotamiento de estos.

La búsqueda de *sistemas agrícolas autosustentables*, de bajos insumos diversificados y eficientes en el uso de energía es ahora una preocupación importante de muchos investigadores, agricultores y planificadores en el mundo entero.

Hemos puntualizado que las causas principales del deterioro ambiental producto de la actividad agropecuaria en nuestro país se encuentran fundamentalmente en el estilo de desarrollo del sector, los modelos tecnológicos, los monocultivos y el proceso de expansión de la frontera agrícola.

Para que la agricultura sea sostenible es necesario establecer algunas prácticas que permitan el desarrollo de una agricultura diferente a la *Agricultura Moderna o Convencional* que se ha venido desarrollando actualmente.

Existen algunas experiencias de esas prácticas llamadas *Agricultura Ecológica o Agroecología, Agricultura Natural, Agricultura Orgánica, Agricultura Alternativa.*

Por lo tanto, podemos afirmar que la *Agricultura Sostenible* puede ser caracterizada como "Un Sistema integrado de prácticas de producción vegetal y animal que tienen aplicación en un lugar específico y que a largo plazo satisfagan las siguientes necesidades" (USDA,1992).

- . Es capaz de satisfacer las necesidades de alimentos y fibras
- . Mejorar la calidad del medio ambiente y de la base de los recursos naturales, de la cual depende la economía agrícola del lugar
- . Utilizar más eficientemente los recursos no renovables y otros recursos de los cuales dispone la unidad agropecuaria e integra cuando sea apropiado los controles y ciclos biológicos del caso
- . Sostener la viabilidad económica de las operaciones de la unidad agropecuaria productiva
- . Aumentar la calidad de vida dentro del agricultor como de la sociedad en general.

La agricultura sostenible provee las bases ecológicas para la mantención de la biodiversidad en la agricultura, desarrolla alternativas apropiadas de manejo de suelos, manejo de plagas y enfermedades y desarrolla tecnologías de bajos insumos.

La agricultura sostenible generalmente se refiere a un modo de producción agrícola que intenta proveer rendimientos sostenidos durante largo tiempo mediante el uso de tecnologías ecológicamente probadas.

Esto requiere que la agricultura sea considerada como un ecosistema; de allí el término *Agroecosistema* y como tal, la agricultura no sólo se orienta para obtener altos rendimientos de algún producto, sino más bien optimizar el sistema entero. También requiere mirar más allá del aspecto económico de la producción y considerar los conceptos vitales de estabilidad y sustentabilidad ecológica.

Desde el punto de vista de Manejo, los componentes básicos de un *Agroecosistema Sostenible* incluyen:

- . Cubierta vegetal como una medida efectiva de conservación del suelo y el agua, mediante el uso de prácticas de cero-labranza, cultivos con mulches, uso de cultivos de cobertura etc
- . Aplicación regular de materia orgánica mediante la incorporación regular de ésta (abono, compost) y promoción de la actividad biótica del suelo
- . Mecanismos de reciclaje de nutrientes mediante el uso de rotaciones de cultivos, sistemas de mezclas cultivo/ganado, sistemas agroforestales y de policultivos basados en leguminosas etc
- . Regulación de plagas mediante la actividad estimulada de los agentes de control biológico mediante la manipulación de la biodiversidad y la introducción y/o conservación de los enemigos naturales

Por lo anteriormente expuesto, podemos analizar la estrecha relación que existe entre la Conservación de Suelos y la Agricultura Sostenible, ya que la mayoría de las prácticas implementadas en la agricultura ecológica, se consideran como prácticas de conservación de suelo y agua, y además ambas contemplan el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales en la producción agropecuaria y/o forestal, la conservación productiva de los recursos naturales, el mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de las comunidades.



**CAPITULO II**  
**DEGRADACION ECOLOGICA**  
**DE TIERRAS**

## 2.1.- *GENERALIDADES*

A finales de este siglo, la población mundial superara los 6 mil millones, contra los 3 mil de hace veinte años y los casi 4.7 mil millones de hoy día. Se estima que en el año 2000, solo para mantener a la población según el nivel actual de consumo, la producción agrícola, forestal y pesquera tendrá que aumentar alrededor de un 50%. En esta tarea habrá que apelar mucho a los recursos naturales básicos renovables (tierra, agua, minerales, peces, bosques, plantas y pastos) (FAO, 1987).

Hoy en día la cantidad de personas que padecen hambre es mayor que nunca y su número va en aumento. Debido a que en el lugar donde viven se producen pocos alimentos o carecen de medios para comprarlos, 950 millones de habitantes de los países subdesarrollados no se nutren lo suficiente como para mantener una vida laboral activa. Esta cifra representa el 19% de la población mundial, y a su vez un aumento con respecto a la cifra correspondiente a 1980, cuando el porcentaje de la población mundial que no disponía de suficientes alimentos era del 16% (730 millones de personas) (UICN/PNUMA/WWF, 1991).

La agricultura en muchos países subdesarrollados se ha visto debilitada por el aumento de la dependencia con respecto a alimentos importados, la producción de cultivos con fines de exportación, la insuficiencia de las actividades de investigación y extensión y la degradación de la Tierra.

La presión demográfica y la consiguiente intensificación de la agricultura, con frecuencia poco adecuada a las riquezas agroecológicas de cada región, van degradando y agotando los recursos naturales.

La destrucción de los recursos naturales implica una reducción de la capacidad productiva alimentaria, especialmente en el mundo en desarrollo, donde la mayor parte de los campesinos pobres viven al margen de la economía principal. Para esos 800 millones de personas, que son cerca de la quinta parte de la humanidad, el agotamiento de los recursos naturales significa un menor suministro de alimentos, de fibras y de leña, y los lleva a una situación de pobreza, hambre y desnutrición.

La forma mas grave de degradación del suelo es la provocada por la **Erosión Acelerada**. La degradación de los suelos aumenta debido a la intervención indiscriminada que hace el hombre de los recursos naturales, a la mala utilización de los recursos suelo y agua y al cultivo de tierras por encima de su capacidad. De los 1.5 mil millones de hectáreas de tierras de cultivo del mundo, se estima que se pierden cada año para la agricultura de 5 a 7 millones debido a la degradación de los suelos (FAO, 1987).

Se calcula que la población de los países en desarrollo, en los que existe una mayor degradación de los suelos, se duplicara en los próximos 20 o 30 años. La producción agrícola tendrá que aumentar en un 60% durante esos años para poder alimentar a esa población; esto tendrá que hacerse por medio de una producción intensiva de las tierras cultivadas, de las que gran parte ya se hallan sujetas a la degradación. Se estima que para el año 2000, habrá que poner a producir 200 millones de hectáreas de tierras nuevas. La FAO opina que si se deja avanzar la degradación sin control, esta superficie servirá solo para compensar lo que se ha perdido durante ese mismo tiempo (FAO, 1981).

El 15% de la superficie terrestre atraviesa un proceso de degradación del suelo causado por la actividad humana. Al menos 66 millones de hectáreas de tierras de riego (30% del total) están afectadas por la salinización. Se estima que cada año, entre 6 y 7 millones de hectáreas de tierras agrícolas se tornan improductivas debido a la erosión, lo que representa más del doble de la tasa correspondiente a los tres siglos anteriores. El anegamiento, la salinización y la alcalinización reducen la productividad de 1.5 millones de ha. adicionales cada año. La degradación de tierras afecta a 5.5 millones de hectáreas de las regiones secas del mundo (casi el 70% de estas tierras) y provoca una pérdida de producción anual estimada en 42.000 millones de dólares (UICN/PNUMA/WWF, 1991).

La deforestación de los bosques es uno de los principales factores que causan la degradación del suelo (Larson, 1986). Se ha estimado que la tasa anual de deforestación en el trópico húmedo es de 17 millones de hectáreas (Brown, 1993).

El mayor peligro de degradación de la tierra ocurre cuando el usuario no **"ama la tierra"** ni se interesa por su conservación. Este riesgo aumenta cuando el que explota la tierra solo ve en ella una fuente de sustento e ingresos; lo cual sucede a menudo en los países en desarrollo.

## 2.2.-

## DEFINICION DE DEGRADACION Y DESERTIFICACION DE TIERRAS

El balance entre la agresividad del clima (ataque natural de las fuerzas del clima) y la resistencia natural de la tierra; son las fuerzas que determinan el riesgo natural de degradación en un área determinada. La acción del hombre puede incrementar o disminuir la resistencia natural de la tierra.

En la actualidad se le ha dado gran importancia a lo que se denomina "*Degradación de Tierras o de Suelos*", con un enfoque semejante a lo que surgió como "*Desertificación*"; sin embargo estos conceptos se han definido de forma diferente, aunque la finalidad de ambos es hacer notar que como consecuencia final de estos procesos se presenta la transformación de paisajes habitables en lugares menos confortables.

De hecho, estos conceptos se comenzaron a emplear en la década de los cuarenta, junto con otro denominado "*Desertización*", aunque a través de estos años han surgido diversas definiciones.

Para definir el proceso de degradación, ya sea del suelo o de la tierra, se han elaborado diversas definiciones, las cuales se presentan a continuación:

- . Es un proceso que disminuye la capacidad actual y/o potencial del suelo para producir (cualitativa y/o cuantitativamente) bienes o servicios (FAO, 1980)
- . Es un proceso pernicioso y lento que disminuye progresivamente la habilidad del mundo para producir alimentos y los potenciales de producción proyectados, además las reservas de la tierra pueden ser dudosas si los efectos de la degradación son ignorados (Dudal, 1982)
- . Es un término cualitativo relacionado al empobrecimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Modificado de Wilson et al., 1986)
- . Procesos físicos y biológicos que disminuyen la utilidad de la tierra. Los efectos ambientales típicos son la erosión acelerada del suelo, pérdida de la vegetación, deterioro de la calidad del agua, sobre-explotación de acuíferos, salinización de suelos e inundaciones de tierras de riego. Por último, la degradación conduce a condiciones semejantes a desierto (Australian Government/UNEP, 1987)

- . Es un proceso que describe un fenómeno inducido por el hombre, con el cual se disminuye la capacidad actual y/o futura del suelo para soportar la vida humana (Oldeman, 1988)
- . Es un proceso dinámico que provoca la disminución y/o pérdida de la productividad de la misma, junto con su capacidad actual o potencial para sostener en un nivel adecuado a los organismos de interés que sobre ella se encuentran y que es causada o acelerada por las actividades humanas en combinación con el clima, lo cual conduce a la transformación de la tierra (Zarate, R., 1991)

La definición anterior involucra diversos términos, tales como proceso dinámico, productividad de la tierra, capacidad de soporte de la tierra, actividades humanas, clima y transformación; en particular, esto último se refiere al cambio de un paisaje confortable a uno menos apropiado para el buen desarrollo de la vida vegetal y animal, junto con la humana.

Como se podemos apreciar las definiciones antes expuestas incluyen lo referente a deterioro de los recursos naturales, disminución o pérdida de la productividad de la tierra, lo cual conduce a la reducción de la capacidad de ésta para sostener a los organismos que en ella viven, empobrecimiento general de los ecosistemas, consideran al hombre y al clima agentes casuales y la transformación del paisaje resultado de todo el proceso de degradación.

A continuación se presentan algunas definiciones del término "*Desertificación*":

Es la disminución o destrucción del potencial biológico de la tierra, que puede conducir en último caso a condiciones semejantes a desierto. Esto es un aspecto de la extensión del deterioro de ecosistemas, que puede disminuir el potencial biológico de la tierra, es decir, la producción de plantas y animales, para propósitos de uso múltiple en períodos cuando el incremento en la productividad se necesita para sostener el crecimiento de la población en búsqueda del desarrollo (Verstraete, 1986)

Es el empobrecimiento de ecosistemas terrestres bajo el impacto del hombre. Es el proceso de deterioro de los ecosistemas, que puede ser medido por la disminución de la productividad de las plantas deseables, alteraciones indeseables de la biomasa y la diversidad de micro y macro flora y fauna, el deterioro acelerado del suelo y el incremento en el riesgo para la ocupación de la tierra (Dregne, 1985)

Es un proceso de degradación ecológica por el que la tierra económicamente bioproductiva se vuelve menos productiva. En casos extremos el escenario final es un paisaje parecido a un desierto, incapaz de sostener a las comunidades que una vez dependieron de ésta (Kassa, 1988)

Es la última etapa de la degradación de un terreno. El término desertificación se utiliza como sinónimo de degradación muy avanzada, en general de origen antrópico, que provoca una disminución de la biomasa, de los rendimientos de los cultivos, de la capacidad de carga ganadera y del bienestar humano (Barrow, 1991).

La desertificación no es un proceso de degradación de la tierra, es más bien un producto final. Es un término relativamente nuevo que significa la creación de condiciones semejantes a las del desierto, en tierras que fueron explotadas para la agricultura. Se produce en zonas áridas y semi-áridas y es el resultado de la sequía sumada al aprovechamiento deficiente de los recursos naturales. Representa solo un aspecto del deterioro de los ecosistemas por efecto de las condiciones desfavorables del clima y la explotación agrícola.

La desertificación viene reconociéndose desde hace muchos años como una amenaza de grandes proporciones para el medio y en particular para el bienestar de las personas que viven en las zonas limítrofes a los desiertos.

La desertificación no ocurre solamente en los límites de los desiertos arenosos. Ocurre en todas las superficies que, por diversas razones tales como: sobrepastoreo, abundancia de salinidad o alcalinidad o el cultivo de zonas no aptas, pierden su capa protectora de vegetación y adquieren características de desierto.

La mitad de los países del mundo tienen sus territorios en tierras áridas o semi-áridas expuestas a la degradación de los suelos y a la desertificación. Gran parte de esa tierra, que en la actualidad contiene casi el 4% de la población mundial, esta perdiendo paulatinamente su capacidad de sustentar la vida.

### 2.2.1.- PROCESOS DE DEGRADACION DE SUELOS

Los procesos de degradación de suelos son los siguientes:

#### 2.2.1.1.- EROSION DE SUELOS

La *erosión del suelo* consiste en la remoción y pérdida gradual del material que constituye el suelo de su lugar de origen y ocasionada principalmente por la acción del agua y el viento.

Los *procesos erosivos* dan como resultado una *degradación progresiva del recurso suelo* y se caracterizan por ser: relativamente lentos, intermitentes, si bien recurrentes a lo largo de los años; progresivos e irreversibles.

Son *procesos lentos*, porque en relación con la velocidad de formación del suelo deben considerarse relativamente rápidos e *intermitentes* porque van asociados a la existencia de lluvias o de vientos.

Se dice que son *procesos progresivos* porque la disminución progresiva del espesor del epipedón deja en la superficie o cerca de ella horizontes o materiales subsuperficiales cuyas características suelen ser desfavorables para el crecimiento de las raíces y el suministro de nutrientes y agua.

Partiendo de esta situación en un momento dado, la erosión disminuye la capacidad del suelo para producir biomasa vegetal, por lo que la protección del mismo disminuye y la importancia de la misma aumenta año tras año; lo que a largo plazo provocará una disminución de los rendimientos y finalmente el terreno se volverá improductivo y sus efectos serán muy notorios en un lapso de tiempo relativamente corto.

Los procesos erosivos son *procesos endotérmicos*, que requieren del consumo de energía (por ejemplo la energía cinética aportada por la lluvia o por el flujo de agua y la energía del viento) y tienen lugar en un sistema abierto.

La masa de suelo perdida por erosión es irrecuperable y el tiempo requerido para que este se forme es extremadamente largo.

La escala temporal de los procesos edafogenéticos es de orden secular o milenario, mientras que para los erosivos es de algunas décadas o a lo sumo siglos.

**2.2.1.2.- SALINIZACION Y SODIFICACION**

La salinización es la acumulación de sales en la capa superior del suelo, la cual puede tener repercusiones nocivas para la productividad del suelo y el rendimiento de los cultivos y la alcalinización es la elevada saturación sódica en los suelos.

La salinización se debe al movimiento ascendente en el suelo por acción capilar del agua con las sales disueltas; a veces es el resultado de procesos naturales de formación del suelo, se produce con mayor frecuencia en los terrenos bajo riego en los que la salinización es peor, debido al elevado contenido de las sales de esas aguas.

Los principales factores que afectan la salinización son: la aridez del suelo, la geomorfología, la topografía, la hidrología, las propiedades físicas de los suelos y las practicas de explotación agrícola.

En todos los continentes hay suelos afectados por la salinidad y la superficie terrestre del mundo con suelos salinos se estima en casi siete por ciento.

**2.2.1.3.- DEGRADACION QUIMICA**

Los suelos pueden degradarse por la pérdida de nutrientes (sobre todo nitrógeno, fósforo y potasio) si no se reponen para mantener la fertilidad del suelo.

Aparte de las pérdidas debidas a la erosión, los cultivos van agotando paulatinamente los nutrientes del suelo, especialmente si se establece un monocultivo en la misma tierra.

La degradación química puede ocurrir si no se reconstituyen los nutrientes del suelo para mantener la fertilidad. En el trópico húmedo, el clima favorece la lixiviación y el agotamiento de los nutrientes del suelo. Por lo que la explotación agrícola esta sacando mas nutrientes del suelo que los que se le devuelven.

La degradación química puede ser de dos tipos:

**2.2.1.3.1.- ACIDIFICACION O DESATURACION DE BASES**

Los suelos con buen drenaje y poca CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) en los climas muy húmedos pierden sus bases por lixiviación; esta pérdida de base o desaturación hace que el suelo se vuelva ácido.



**2.2.1.3.2.- TOXICIDADES**

Estas toxicidades son distintas a la salinización y sodificación y se deben a la presencia de residuos urbanos, industriales, radiactivos, petrolíferos, agrícolas, etc. que pueden producir toxicidades en el suelo y disminuir la productividad del mismo o reducirla por completo cuando las concentraciones de elementos tóxicos sobrepasan un cierto valor umbral.

**2.2.1.4.- DEGRADACION FISICA**

Se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas del suelo como: encostramiento, reducción de la permeabilidad, compactación, falta de aireación, degradación de la estructura (estabilidad estructural) y limitaciones al crecimiento radicular. Casi todos estos procesos están relacionados con la reducción de la porosidad del suelo.

Las causas que originan la degradación física pueden ser producidas por el mal manejo del suelo o ser de índole natural.

Entre las causas debidas al mal manejo del suelo figuran las siguientes:

- . Uso excesivo de maquinaria agrícola pesada
- . Técnicas de preparación de tierras no adecuadas
- . Uso del suelo con cultivos o rotaciones no adecuadas
- . Exceso de carga animal en un pastizal

Entre las causas de origen natural que provocan degradación física en los suelos podemos mencionar las siguientes:

- (.) Altos contenidos de limo y arena fina y muy fina
- . Bajos contenidos de materia orgánica
- . Presencia de minerales micáceos

La degradación estructural afecta la porosidad del suelo y por ende las relaciones y la dinámica hídrica del suelo.

Las consecuencias que provoca la degradación física de los suelos son las siguientes:

- . Disminución del tamaño de los agregados, lo que aumenta la superficie de ataque de los agentes erosivos (agua y viento)
- . Disminución de la infiltración
- . Aumento de la escorrentía superficial y por ende de la erosión
- . Anegamiento
- . Reducción de la emergencia de plántulas
- . Disminución de la difusión de gases (capacidad de aireación)
- . Limitaciones en el crecimiento radicular de las plantas

#### 2.2.1.5.- **DEGRADACION BIOLOGICA**

Se refiere a modificaciones y/o pérdida de materia orgánica y actividad biológica de los suelos.

La cantidad y el tipo de materia orgánica que se deposita en el suelo influye en los cambios de la actividad biológica y en los elementos inorgánicos que se devuelven al suelo.

Entre los problemas que ocasiona la pérdida de materia orgánica en el suelo podemos mencionar los siguientes:

- . Modificación de las propiedades físicas (compactación, encostramiento, retención de humedad, inestabilidad estructural y otros)
- . Modificación de propiedades químicas (disminución de la CIC, desnitrificación, lixiviación, acidificación, fijación de nutrientes)
- . Modificación de propiedades biológicas (disminución de la actividad de microorganismos del suelo)

**2.2.1.6.- SATURACION HIDRICA**

Este término se asocia con el de "anegamiento". Se utiliza para señalar el agua que se estanca en la superficie del terreno o para denotar un perfil de suelo completo o parcialmente saturado con agua por elevación del nivel freático.

Como el término degradación esta asociado a productividad, es necesario establecer cuando realmente un suelo esta degradado por saturación hídrica o anegamiento, dado que el cultivo del arroz requiere de saturación hídrica y bajo tal condición el suelo produce satisfactoriamente.

Los problemas que ocasiona la saturación hídrica son los siguientes:

- . Efectos sobre la estructura del suelo
- . Reducción de elementos químicos (Ej:  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ )
- . Cambios en el pH del suelo
- . Cambios en la sucesión vegetal

Los factores que influyen en el proceso de saturación hídrica de los suelos son los siguientes:

- . Topografía y relieve
- . Profundidad del nivel freático
- . Características hidráulicas del suelo (textura, estructura)
- . Practicas de manejo (riego y drenaje)
- . Clima

Las zonas mas propensas a sufrir anegamiento son:

- . Areas bajo riego
- . Areas afectadas por salinidad y alcalinidad
- . Areas donde la  $P_p > ETP$  con drenaje insuficiente (por suelo y topografía)

## 2.3.- *EROSION DE SUELOS*

### 2.3.1.- *GENERALIDADES Y DEFINICION*

Desde principios del mundo el suelo ha evolucionado constantemente. La lluvia y el viento han transportado sus partículas de uno a otro sitio, en sus batir constante contra la superficie de la tierra.

De ese modo se han abierto cauces de arroyos y de ríos, se han formado deltas y se han transformado gradualmente panoramas enteros. Sin embargo, cuando los terrenos han estado protegidos con una cubierta de pastos, de árboles o de cualquier otra vegetación densa, la remoción del suelo ha sido siempre sumamente lenta, sin que sobrepase por lo general su formación.

Este equilibrio favorable entre la erosión del suelo y la formación de nuevas tierras que prevalece bajo condiciones naturales, fue alterado casi desde el mismo momento en que el hombre empezó a cultivar y rotular la superficie de la tierra con implementos rudimentarios, los agricultores primitivos y sus sucesores aceleraron inconscientemente el grado de remoción del suelo. Es probable, sin embargo que el cultivo de la tierra continuará por siglos antes que se reconociera la erosión como uno de los problemas que tuviera que afrontar la humanidad.

Solo cuando la densidad de la población obligó a que se cultivaran las laderas empinadas y los terrenos inestables, fue que la gente empezó a constatar vagamente, que la tierra puede desgastarse con rapidez por la acción de la lluvia y el viento.

Hoy en día la erosión del suelo se reconoce generalmente como un problema grave. El reconocimiento no es nuevo; pero por mucho tiempo, solamente unos pocos individuos perceptivos estaban enterados de la necesidad de conservar el recurso suelo.

Por ejemplo, el poeta griego *Homero* advocó intervalos para dejar los terrenos en barbecho para descansar y rellenar el suelo y los romanos *Virgilio* y *Plinio* recomendaron prácticas que podrían describirse como conservación en la agricultura.

La aceleración de la erosión, debido a cambios producidos por el hombre, han provocado formaciones terrestres erosivas y otras condiciones, que son definitivamente anormales. Como son las cárcavas o zanjaz, los subsuelos descubiertos por la erosión laminar, los derrumbes, las carreteras zocavadas, las represas y los cauces de los ríos obstruidos por sedimentos.

La erosión es uno de los problemas agrícolas de mayor importancia en el mundo. Representa el origen principal de los sedimentos que contaminan las corrientes de agua que llenan los lagos y las presas. También contribuye a la desintegración de los compuestos que nutren a los vegetales y que se pierden con el escurrimiento.

Todo ello evidencia el desgaste del suelo, que ha hecho ya grandes daños y que amenaza con destruir nuestras tierras agrícolas y nuestras fuentes de subsistencia si no se le detiene a tiempo.

Las huellas de la erosión las ve todo el mundo, pero no es tan fácil reconocer sus consecuencias presentes y futuras. Para percatarse de lo que esta ocurriendo a nuestras tierras agrícolas, debemos estudiar críticamente la erosión que ellas sufren.

La palabra erosión se deriva del Latín *Erosio*, que significa roedura; derivado de *Erodere*, que significa corroer. Es un proceso natural que consiste en la remoción y arrastre de las partículas que forman el suelo y producida generalmente por la acción del agua o del viento.

En el fenómeno de la erosión intervienen un *objeto pasivo* que es el *suelo*, dos *agentes activos* que son el *agua* y el *viento* y un *intermediario* que es la *vegetación* que regula sus relaciones.

### 2.3.2.- CLASES DE EROSION

La erosión puede dividirse en dos grandes clases o tipos:

#### 2.3.2.1.- EROSION GEOLOGICA

Denominada también erosión *Normal*, *Telúrica*, *Natural* o *Histórica*. Este tipo de erosión ocurre como consecuencia solamente de las *fuerzas de la naturaleza*. Es ocasionada por la acción constante de los diversos *fenómenos del intemperismo natural*. Se inicio en el instante mismo en que soplo la primera brisa y cayeron las primeras gotas de agua, actúa sin la intervención del hombre y participa en la *formación de los suelos*; *no es perjudicial* para el hombre.

La erosión geológica ocurre en la superficie de la tierra bajo condiciones naturales, ajenas a la actividad del hombre, incluye tanto la erosión de rocas y sedimentos como la del suelo, bajo condiciones no afectadas por el hombre es decir, bajo cubierta vegetal natural; cuando el hombre interviene poco no afecta mucho el proceso erosivo, es decir cuando se acerca a la erosión geológica, se tiene el concepto de *Erosión Normal* (Rapp, 1974).

Este tipo de erosión se debe principalmente a la acción del agua, del viento, las variaciones de temperatura, la gravedad y los glaciares. Es un proceso lento y constante que necesita eras completas para producir cambios importantes en la configuración de la superficie terrestre; originó la mayor parte de los perfiles topográficos actuales tales como: cañones, llanuras, cauces de los ríos y valles. Seguirá desarrollándose a pesar de todo cuanto el hombre haga para evitarla.

Incluye los *procesos de formación y deformación del suelo* que lo mantienen en equilibrio adecuado para el crecimiento de la mayoría de las plantas.

La magnitud del desgaste producido por la erosión geológica unida a los complejos edafogenéticos, determina principalmente el tipo de suelo formado y su distribución en la superficie de la tierra.

#### 2.3.2.2.- *EROSION INDUCIDA*

Se le conoce también con los nombres de erosión *Acelerada, Edáfica, Subnormal o Antropogénica*. Se presenta cuando a la acción de los *agentes naturales* se agrega la *acción del hombre*. Es propiciada por el *mal manejo del suelo* y es *más rápida* que la geológica.

##### 2.3.2.2.1.- *CAUSAS QUE PROVOCAN EROSION ACELERADA EN LOS SUELOS*

Las precipitaciones abundantes, las sequías prolongadas o los fuertes vientos, pueden ser causa directa de la erosión del suelo, pero no son el verdadero problema. Una zona en estado natural o correctamente cultivada puede permanecer estable bajo la acción de todos esos fenómenos. La erosión se produce cuando se utilizan prácticas agrícolas que no tienen en cuenta la facilidad con que el suelo puede ser arrastrado por el agua o barrido por el viento.

Una de las causas primarias de la erosión acelerada es la *actividad irracional* que hace el *hombre* sobre la *tierra*, al despojarla primero de sus bosques, al introducir sus ganados a pastizales en mayor número de los que estos pueden alimentar y al cultivar los suelos con excesiva pendiente y sin métodos técnicos protectores en contra de las fuerzas erosivas.

Por lo tanto, la *erosión acelerada* se deriva de las *actividades que realiza el hombre*, por ejemplo cuando éste prepara la tierra para el cultivo y la utiliza para construir edificios, fábricas o vías de comunicación, por consiguiente, en sus manos esta el impedir o regular este tipo de erosión; y a menos que se tomen medidas para prevenir sus efectos destructores, continuaremos perdiendo suelos productivos.

En síntesis podemos mencionar que las causas que producen erosión inducida en los suelos, son las siguientes:

- . Destrucción de la vegetación natural
- . Introducción al cultivo de áreas con pendientes fuertes (laderas)
- . Laboreo excesivo del suelo
- . Surcado en sentido de la pendiente
- . Sobrepastoreo
- . Tala y destrucción de los bosques
- . Mal uso y manejo de los suelos

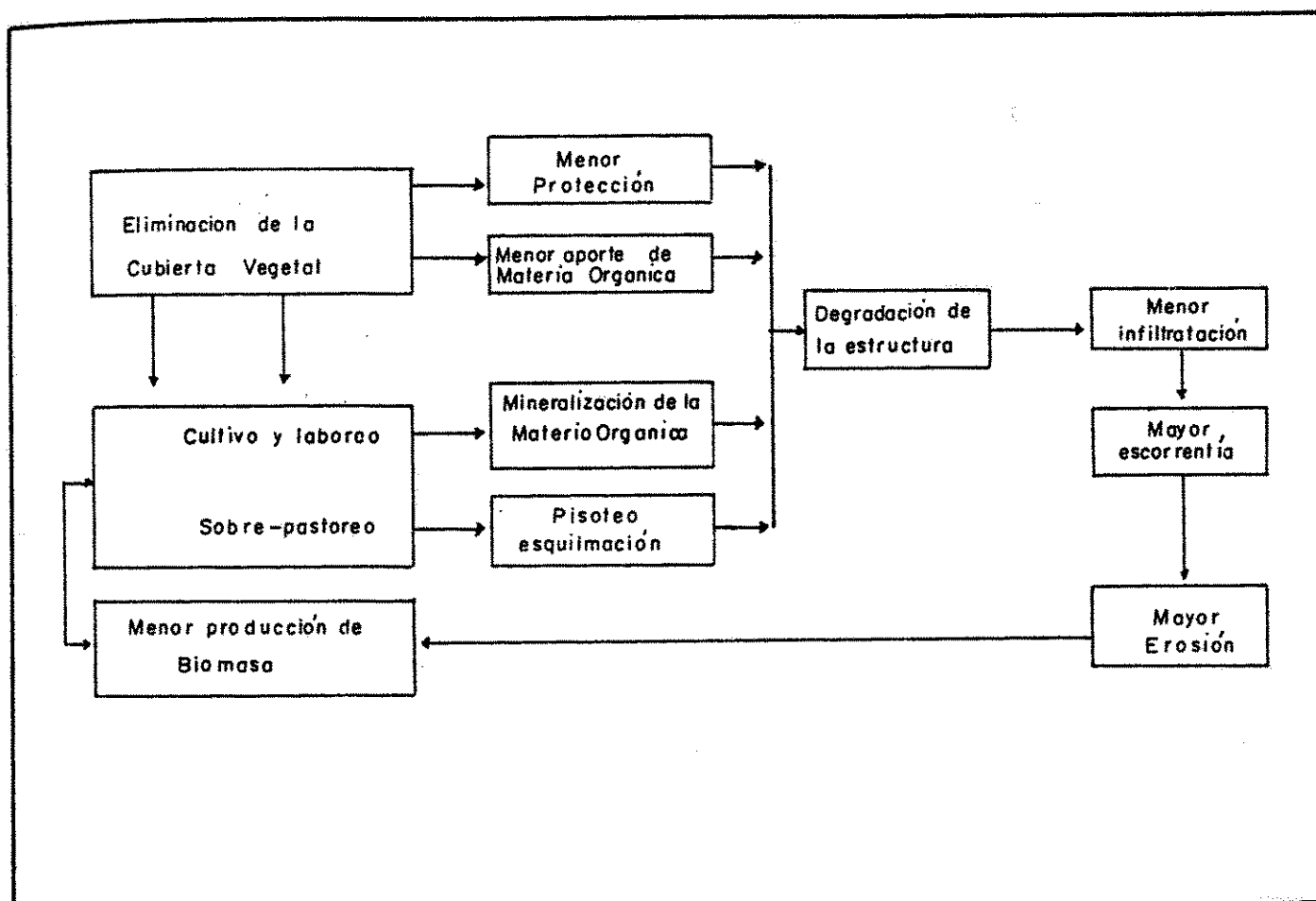
La destrucción de los bosques, trae como consecuencia los siguientes problemas:

- . Pérdida de la cubierta vegetal permanente
- . Pérdida de especies forestales de alto valor económico y variados usos
- . Alteración del ciclo hidrológico
- . Disminución de la vida silvestre
- . Disminución del aporte de materia orgánica

La pérdida de la cubierta vegetal permanente trae como consecuencia, a su vez, los problemas de erosión hídrica y eólica en todas sus formas y dimensiones.

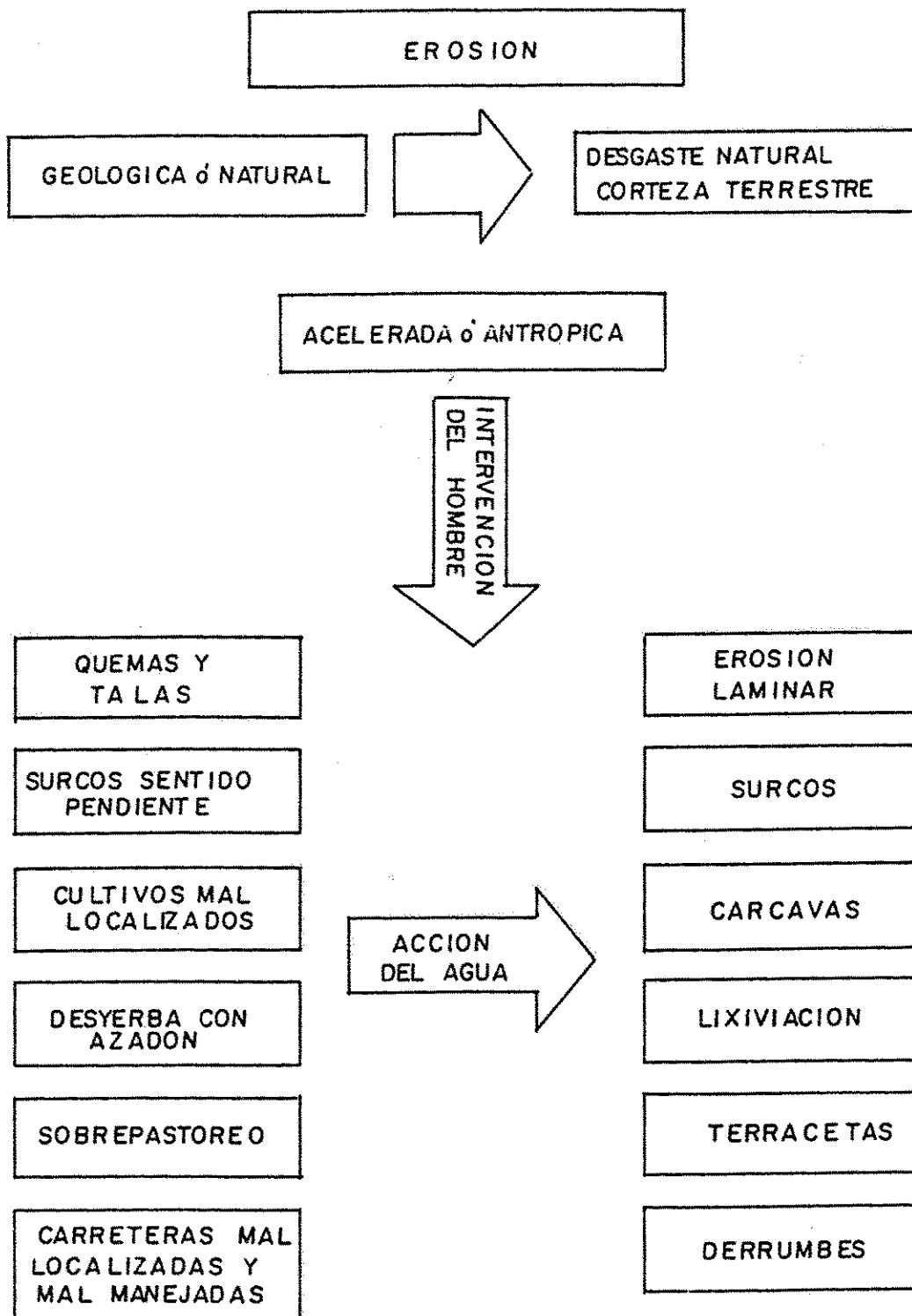
El mal uso y manejo de los suelos se refiere a la falta de una adecuada selección de cultivos, a la aplicación de prácticas de manejo de los mismos, de acuerdo a la capacidad de uso de la tierra y a las prácticas de manejo defectuoso.

En el siguiente esquema se muestran los mecanismos responsables de la erosión del suelo (Citado por Porta, J., et. al., 1994).

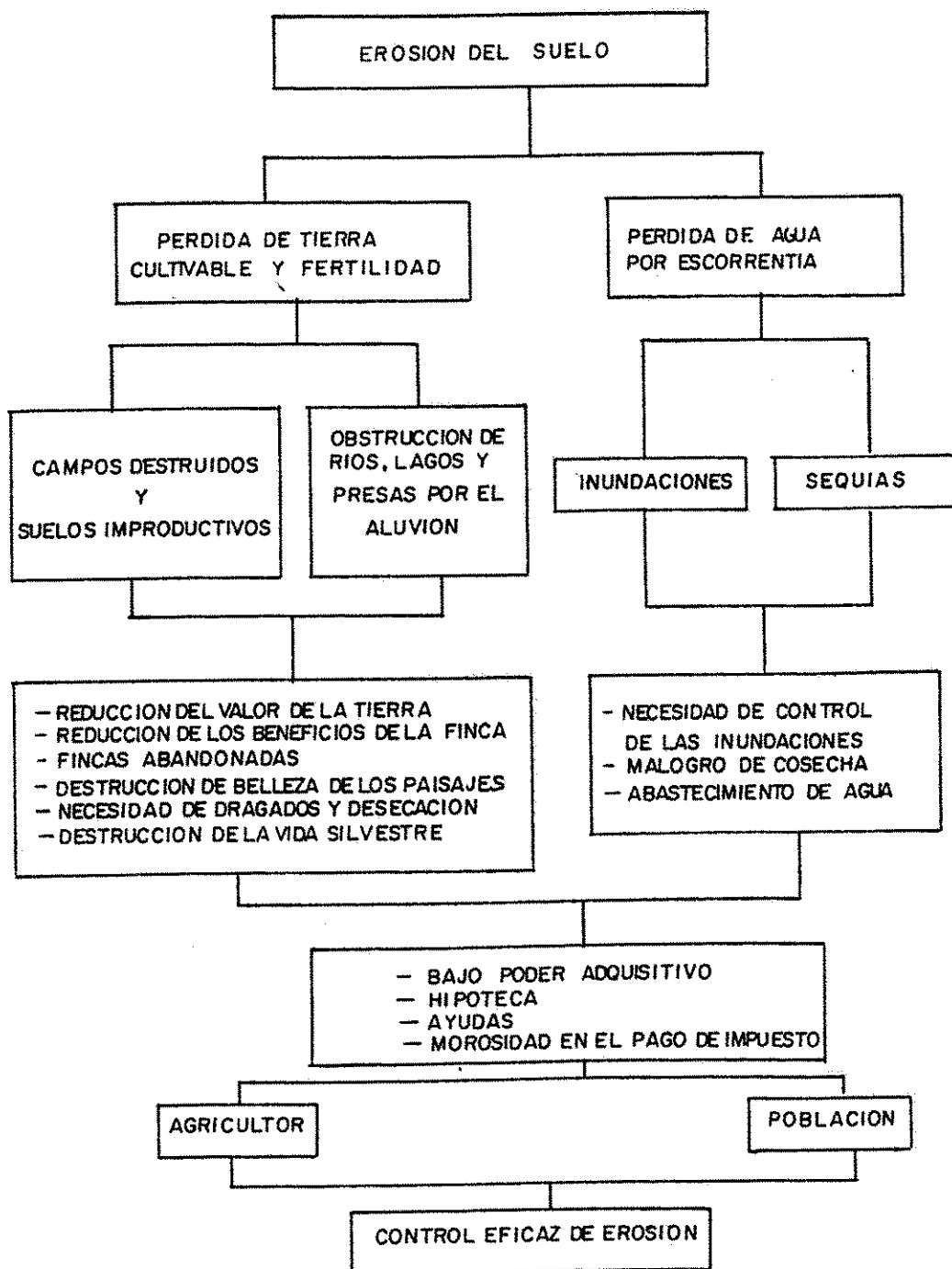




El siguiente esquema muestra los factores y efectos de la erosión de los suelos (Tomado de CENICAFE, 1975)



La forma como la erosión del suelo afecta tanto a la población en general como a los agricultores; se presenta en el siguiente esquema (Tomado del Missouri Agri. Exp. Sta. Bull. 349):



### 2.3.3.- FORMAS DE EROSION

Las dos formas de erosión que se existen se identifican en función de los agentes que la producen; por lo que en nuestro medio se desarrollan: la erosión producida por el *agua* denominada *Erosión Hídrica* y la causada por el *viento* llamada *Erosión Eólica*.

#### 2.3.3.1.- EROSION HIDRICA

También se le denomina erosión "*Acuea*". Es la erosión causada por la lluvia, tal vez es la forma *más importante* de erosión, es provocada por la acción dispersiva y por el poder de transporte del agua que cae y escapa del suelo en forma de *escurrimiento superficial*. Si no hubiera escurrimiento superficial no habría erosión en zonas de baja precipitación.

#### 2.3.3.2.- EROSION EOLICA

Es la erosión producida por el viento, es especialmente importante en *zonas semi-áridas y desérticas*. Es una característica común donde quiera que haya terrenos de *cultivos arenosos*.

Las tormentas de arena han constituido un peligro para los habitantes de los desiertos. En algunos lugares desérticos, la erosión eólica llega a ser más importante que la hídrica.

### 2.3.4.- AGENTES EROSIVOS

Los principales *agentes directos* de la erosión son el *agua* y el *viento*, los que al actuar sobre la superficie terrestre en forma continua, atacan persistentemente a las rocas y las partículas del suelo son trasladadas o transportadas a lugares distintos de donde se encuentran; generalmente son acarreadas a los ríos a través de los arroyos para finalmente depositarse en el fondo de los mares.

Estos agentes actúan indistintamente con diversos grados de intensidad, variando desde el incipiente hasta el acelerado. En grado de *menor importancia* podemos mencionar como agentes erosivos: la *temperatura* y los *agentes biológicos*.

A continuación haremos un breve comentario de cada uno de los agentes erosivos anteriormente citados.

#### **2.3.4.1.- EL AGUA**

Es el agente más importante de la erosión. La erosión hídrica es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos.

#### **2.3.4.2.- EL VIENTO**

Es un agente físico que influye en la erosión y en la formación de los suelos al causar el desprendimiento, transporte, deposición y mezcla del suelo.

El viento *no erosiona* por si mismo las rocas, sino que es la *abrasión* provocada por las partículas del suelo que el transporta la causante de este desgaste

#### **2.3.4.3.- LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA**

Cuando se estudia la erosión geológica, el paso del tiempo es muy perceptible e incluso los cambios muy pequeños o increíblemente lentos son significativos después de un gran período de tiempo. Un ejemplo es la *ruptura y desescamado de las rocas* por la variación de temperatura. Las oscilaciones rápidas entre el día y la noche afectan solo a la superficie de las rocas, mientras que los cambios debidos a variaciones mas lentas entre el verano y el invierno penetran mas profundamente. Cuando los cambios de temperatura implican la formación de hielo, los efectos se ven aumentados por la expansión del agua en grietas y diaclasas. La elevación de cristales de hielo originan un progresivo desplazamiento del suelo ladera abajo.

#### **2.3.4.4.- LOS AGENTES BIOLOGICOS**

Algunos procesos erosivos pueden ser originados por organismos vivos, tales como líquenes y musgos, pero el principal efecto de los seres vivos es su papel como *aceleradores de otros agentes*. Los animales pisotean las rocas o el suelo, creando condiciones favorables para el arrastre por el agua o el viento. En el otro extremo de la escala biológica tenemos a las lombrices y termites que remueven el suelo y aumentan la aireación y oxidación, acelerando el proceso mediante el cual las rocas resistentes se convierten en suelo erosionable.

La erosión se halla influida por los millones de organismos que viven en el suelo, en un grado mucho mayor de que por lo regular suele creerse. Esta *influencia* puede ser *directa*, como en el caso de las *lombrices de tierra*, diversos *insectos* y los *roedores*, o bien *indirecta*, como en el caso de formas de vida agrupadas bajo el nombre genérico de *microorganismos*.

Las lombrices de tierra construyen túneles que sirven de conductos de agua para aumentar la absorción de lluvia y favorecen la circulación interior de la humedad. También ayudan físicamente a llevar materia orgánica bajo la superficie. Al actuar sobre el suelo, mejoran su condición física, especialmente en relación con el desarrollo de la estructura favorable de terrón. Por lo tanto contribuyen a hacer el suelo mas permeable al agua.

En las regiones áridas y semi-áridas los roedores pueden llevar tierra suelta a la superficie, la cual después puede estar sujeta a erosión hídrica y eólica y además las depredaciones de estos mamíferos y de varias clases de insectos (por ejemplo los saltamontes) pueden causar la destrucción del manto vegetal protector del suelo.

Los efectos sobre el suelo debido a microorganismos (protozoarios, bacterias, hongos, algas) son de enorme importancia y aun esenciales en relación con la productividad del mismo. La influencia de estos organismos reside en su capacidad para descomponer materia orgánica fresca en formas que mejoran la productividad del suelo, principalmente las bacterias y los hongos.

Cuando se incorpora al suelo algún material orgánico (estiércol de corral, abono verde o residuos de cultivos) este es atacado por hongos y bacterias, y lo descomponen en diversos elementos orgánicos (amoníaco, bióxido de carbono, nitratos, diversos ácidos orgánicos) que tienden a enriquecer la solución del suelo, convirtiendo elementos inasimilables del mismo en productos nutritivos asimilables para las plantas.

Desde el punto de vista de la *conservación de suelos*, la *actividad* de los *microorganismos* puede considerarse tanto *benéfica* como *perjudicial*. La descomposición de la materia orgánica con la producción de nitratos es esencial para la producción de cosechas. Pero la destrucción proseguida de la materia orgánica del suelo en las practicas del cultivo puede crear condiciones que favorezcan la erosión, como es la pérdida del carácter esponjoso y de la cohesión de la tierra.

La acción de estos microorganismos tiende a desarrollar una estructura granular o de terrón, que presenta una resistencia a la erosión y favorece la penetración de las raíces de la planta y del agua de lluvia.

Los hongos por ejemplo, forman a menudo tejidos filamentosos alrededor de fragmentos del suelo o cúmulos amigajonados, proporcionando así estabilidad al suelo y facilitando la penetración del aire y del agua en el mismo.

### 2.3.5.- *PROCESO DE EROSION*

La erosión del suelo es un proceso que consta de dos fase, independientemente del agente que lo efectúa (agua, viento): el *desprendimiento* de las partículas individuales de la masa del suelo y su *transporte* por agentes erosivos (agua de escurrimiento y el viento). Cuando la magnitud de la energía no es suficiente para transportar las partículas una tercera fase ocurre que es la *depositación* (Morgan, 1979).

A continuación se analizaremos cada una de las fases del proceso de erosión del suelo:

#### 2.3.5.1.- *DESPRENDIMIENTO O REMOCION*

En el caso de la *erosión hídrica*, la *salpicadura* de la lluvia es el agente mas importante de desprendimiento del suelo.

Como resultado del golpeteo de las gotas de lluvia sobre la superficie de un suelo desnudo, las partículas de suelo son tiradas a través del aire a varios centímetros de distancia.

En cambio en la erosión eólica, la energía que posee el viento para erosionar el suelo, no es tan grande como la que adquiere el agua al caer en forma de lluvia; por lo que difícilmente provoca el desprendimiento de los agregados del suelo. Pero en los suelos sueltos, donde las partículas se encuentran libres, la energía del viento es suficiente para iniciar el movimiento de las partículas y generar el proceso erosivo.

**2.3.5.2.- TRANSPORTE**

En cualquier lugar en que la lluvia cae con mayor rapidez de la que puede absorber el suelo, se forma una lámina de agua en la superficie, que se desplaza hacia abajo siguiendo la pendiente del terreno.

La cantidad de suelo que puede ser movida por el agua o por el viento, depende de:

- . El tamaño de la partículas
- . La velocidad del viento o del agua de escurrimiento
- . La agregación del suelo
- . La distancia sobre la cual actúa el proceso

El proceso de transporte esta sujeto a una aceleración que aumenta a través del tiempo y del espacio.

A través del tiempo; porque constantemente se incrementa la cantidad de partículas en movimiento, ya que al perder el suelo mas partículas finas, la cohesión de las restantes disminuye y quedan así cada vez expuestas al arrastre.

A través del espacio, porque el fenómeno inicialmente actúa en áreas aisladas en los campos erosionados, para posteriormente extenderse siguiendo la dirección del viento en el caso de la erosión eólica, en el caso de la de la erosión hídrica el fenómeno se inicia en la parte alta de las pendientes y se extiende hacia abajo, siguiendo la inclinación del terreno y arrastrando consigo las partículas finas a su paso.

Por lo cual podemos decir que al haber mas partículas en movimiento, mayor será su poder para arrastrar más suelo, pero sucede que no todos los suelos resisten esto, debido a que el grado de cohesión de las partículas determina la susceptibilidad del suelo a ser erosionado.

**2.3.5.3.- DEPOSITACION**

La depositación de las partículas de suelo puede ocurrir por dos circunstancias:

- Cuando la fuerza de gravedad supera a la que mantiene al suelo en movimiento, en el caso de la erosión eólica. Y en la erosión hídrica, cuando la velocidad del agua de escorrentía no es suficiente para transportar las partículas de suelo; lo que ocurre generalmente cuando la inclinación de la pendiente disminuye

- Cuando algún obstáculo físico reduce la velocidad y la fuerza del viento o de la escorrentía

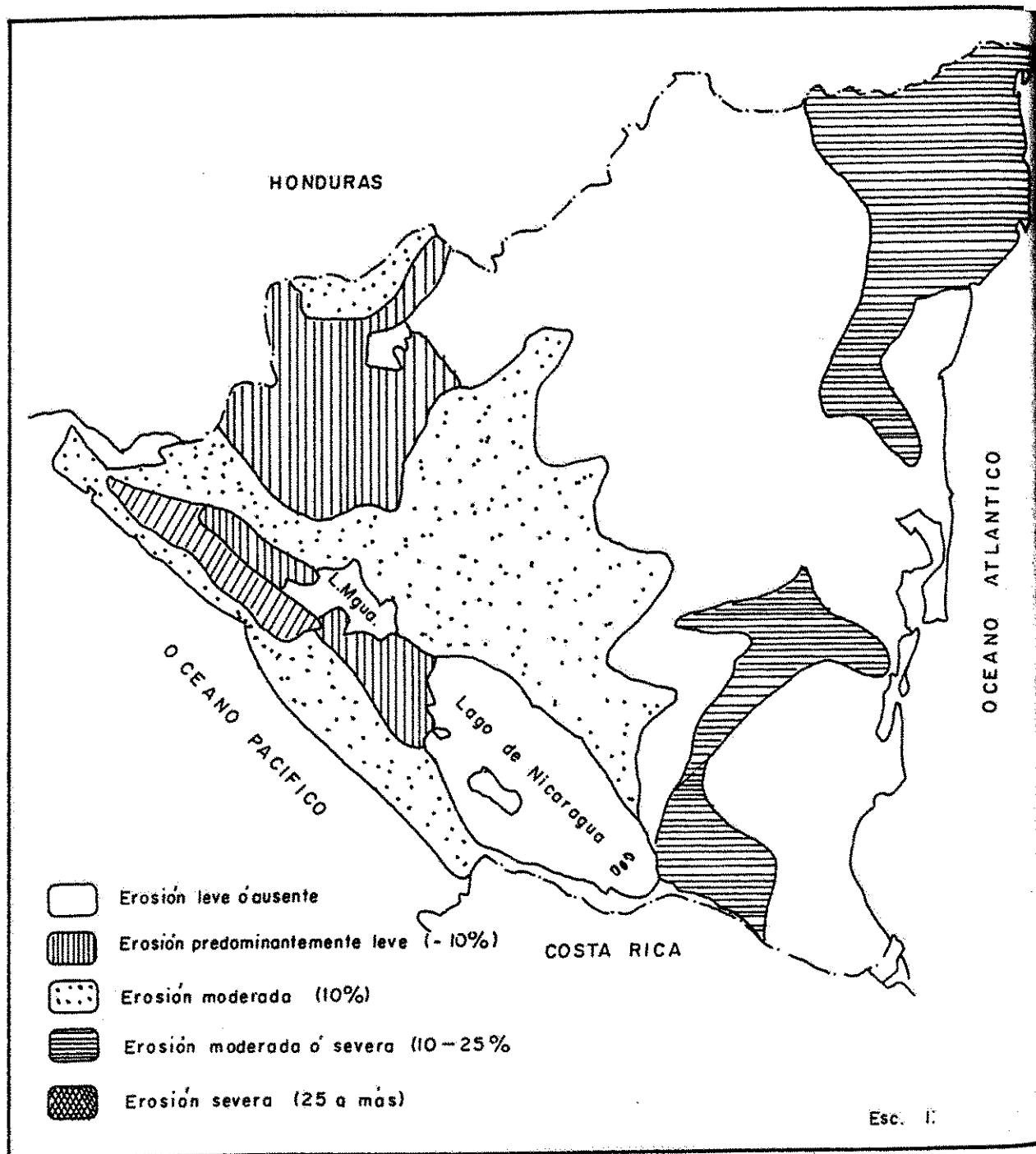
En el proceso erosivo de los suelos entran en juego dos tipos de fuerzas:

- **Fuerzas Atacantes:** son las que mueven y transportan el suelo estas son el agua y el viento

- **Fuerzas Resistentes:** son las que retardan la erosión y estas son: la resistencia del suelo a dispersarse y los efectos de la vegetación



El siguiente Mapa de Nicaragua muestra la Distribución Preliminar de la Erosión de los Suelos en nuestro país (Fuente: IRENA, 1982)



**2.4.- ASPECTOS GENERALES DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA****2.4.1.- DEFINICION DE CUENCA HIDROGRAFICA O CUENCA DE DRENAJE**

A continuación se presentan algunas definiciones del término *Cuenca Hidrográfica* o *Cuenca de Drenaje*:

- . Es toda área drenada por una corriente o por un sistema de corrientes, cuyas aguas concurren a un punto de salida; o sea es el área que contribuye al escurrimiento y que proporciona todo o parte del flujo de la corriente principal y sus corrientes tributarias
- . Es el área drenada por un río incluyendo los recursos naturales inscritos dentro de esta área
- . Es una parte del territorio cuyas aguas fluyen hacia un mismo curso de agua
- . Es la zona drenada por un mismo arroyo, río o lago
- . Es el terreno del cual fluye el agua para un río, lago u otro punto de drenaje, o sea es un área geográfica constituida por el drenaje del terreno que contribuye a que las aguas fluyan de una corriente particular a un punto elegido

Una cuenca hidrográfica está compuesta de un número de comunidades individuales y cada una de estas unidades tienen ingredientes físicos, económicos y sociales.

La cuenca hidrográfica se puede dividir en sub-cuencas, por lo tanto una **SUB-CUENCA** es una porción de la cuenca que drena una parte de la red pluvial. Una sub-cuenca a su vez puede subdividirse en **MICROCUENCAS**.

**2.4.2.- MORFOLOGIA DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA**

Las partes constitutivas de una cuenca hidrográfica son las siguientes:

**2.4.2.1.- EL PARTE-AGUA**

Es la línea altimétrica de mayor elevación, que delimita orográficamente a cuencas vecinas. Constituye la frontera entre cuencas y subcuencas vecinas.

Para fines prácticos, el parte-agua se cierra en el estrangulamiento natural que se forma en el pie de monte que limita la montaña del valle; a esta parte se le denomina genéricamente "*Boquilla*" y es el lugar donde teóricamente se puede instalar una estación de aforo para medir el volumen de escurrimiento proveniente de las tierras de montaña o realizar obras de captación de humedad con fines de aprovechamiento o control de avenidas y azolves para proteger las partes bajas de la cuenca.

#### 2.4.2.2.- *VERTIENTES*

Las vertientes son las áreas de captación y constituyen la zona mas estratégica de la cuenca, dado que en ellas la susceptibilidad del fenómeno de la erosión es altamente significativo y el mantenimiento de la cubierta vegetal protectora es indispensable para el equilibrio de los valles.

#### 2.4.2.3.- *VALLE O CUENCA BAJA*

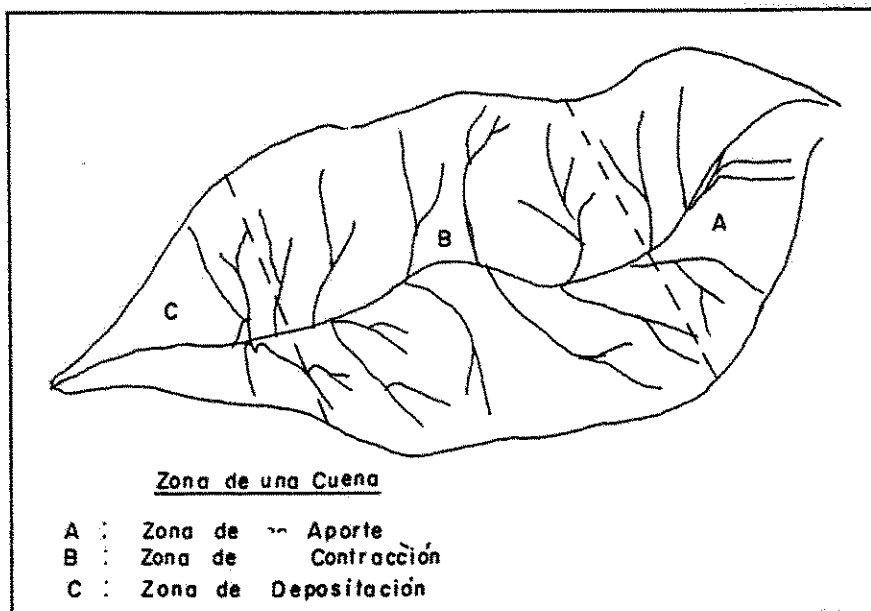
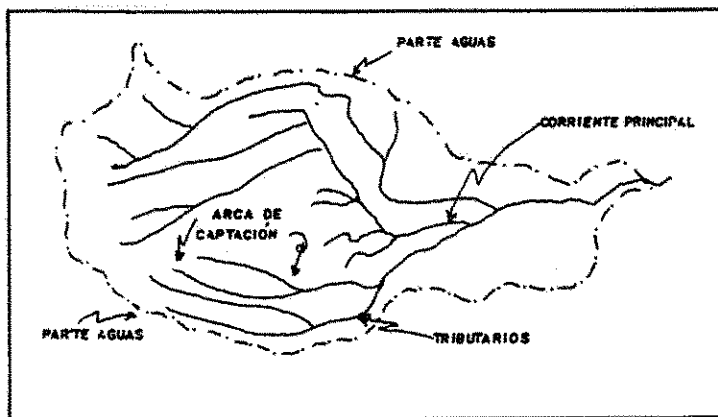
Es la zona de menor altitud, donde generalmente se encuentran los cultivos agrícolas y los asentamientos humanos, aquí la conjunción de las corrientes tributarias han formado un río o arroyo de regular caudal que divaga en las planicies de leve pendiente.

#### 2.4.2.4.- *RED DE AVENAMIENTO O DRENAJE*

Es la disposición de los cauces y lechos por donde de manera superficial y aparente corre el agua excedente, producto de la precipitación hacia un depósito natural o artificial.

La red de drenaje consta de una corriente principal y un sistema de corrientes tributarias (corriente secundarias) (Sánchez, 1987).

Las siguientes figuras nos muestran las partes y zonas de una Cuenca Hidrográfica



**2.4.3.- CLASIFICACION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS**

Las cuencas hidrográficas se pueden clasificar de acuerdo a varios criterios:

De acuerdo al lugar donde descarga el escurrimiento, las cuencas pueden ser:

**. CUENCA ENDORREICA**

Es el área de drenaje que puede tener varios troncales y que desemboca a un lago o laguna. Por ejemplo la Cuenca Sur del Lago de Managua.

**. CUENCA EXORREICA**

Es el área de drenaje cuyo escurrimiento descarga al mar. Por ejemplo la Cuenca del Río Negro.

**. CUENCA ARREICA**

Es el área de drenaje sin salida al mar, no tiene definición específica.

**. CUENCA CRIPTORREICA**

Su drenaje es subterráneo, por lo que carece de una red pluvial bien definida.

De acuerdo al factor que influye en la tasa de escurrimiento y tomando en cuenta el área y las características hidrológicas las cuencas pueden ser:

**. CUENCA PEQUEÑA**

Es aquella en la cual la tasa de escurrimiento esta mas influenciada en gran parte por lluvias de alta intensidad, corta duración y prácticas de manejo de suelo.

**. CUENCA GRANDE**

Es aquella en la cual la tasa de escurrimiento esta más influenciada por la forma de los canales, tamaño y capacidad de almacenamiento de los canales que por las prácticas de manejo de suelo.

**2.4.4.- MANEJO DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA**

El manejo de una cuenca hidrográfica es la *gestión* con sentido *empresarial* que el hombre realiza en toda esta superficie para *aprovechar* y *proteger* los *recursos naturales* que le ofrece con el fin de obtener una producción óptima y sostenida en el tiempo y tratar los problemas del suelo y el agua en forma conjunta.

El indicador más común para evaluar si una cuenca esta bien manejada o no, es la cantidad, la calidad y frecuencia de descarga de agua proveniente de la misma y el nivel de producción que se obtiene por unidad de área. El volumen de carga de sedimentos es un indicador del grado de erosión de una cuenca hidrográfica.

El agua refleja el nivel de protección y la producción refleja el nivel de aprovechamiento. Ambos son indicadores del grado de conservación de la cuenca y sus recursos.

El florecimiento y desarrollo del valle o cuenca baja depende de la calidad y cantidad de humedad que reciba de las áreas captantes de mayor altitud. Si el manejo de las tierras altas no es adecuado, en el valle habrán inundaciones durante la estación de lluvia y el agua en altos volúmenes será incontrolable en su camino hacia el mar o azolvará rápidamente un embalse.

En una cuenca degradada, desprovista de bosques y sin medidas para conservar las tierras dedicadas a la agricultura, el agua que desciende velozmente de las montañas erosionará el suelo y arrastrará las plantas, contaminando los torrentes y llenando los lagos de sedimentos, provocando frecuentes avenidas y haciendo más caudalosas las crecidas aguas abajo.

En cambio en una cuenca bien manejada, la mayor parte del agua proveniente de las precipitaciones será absorbida por el suelo, aumentando la reserva de agua subterránea y facilitando a los cultivos, pastizales y árboles la humedad necesaria y por ende las avenidas son controladas.

**2.4.5.- MEDIDAS PARA LA PROTECCION DE UNA CUENCA  
HIDROGRAFICA**

Las medidas que ayudan a la protección de una cuenca hidrográfica pueden ser clasificadas de dos maneras:

**2.4.5.1.- MEDIDAS DE USO DEL TERRENO**

Estas medidas son efectivas en el aumento de la *infiltración* y la capacidad de *retención del agua* en el suelo, *reducen* la *erosión* del suelo, reducen el peligro aguas abajo, dichas medidas *benefician* a la *finca*, o sea producen beneficios en el sitio (in situ). En ellas se incluyen las medidas de estabilización de una cuenca hidrográfica.

Tales medidas comprenden la labranza en contorno, el establecimiento de terrazas, cultivo en fajas, desagües empastados, rotación de cultivos, control de cárcava, pasturas.

**2.4.5.2.- MEDIDAS DE TRATAMIENTO DEL TERRENO**

Estas medidas tienen por objetivo el *control* de la *corriente* del *agua*, es decir, el manejo del agua después que deja los campos.

Tales medidas son para el *control* de la *inundación* y su *beneficio* principal ocurre fuera del sitio o *aguas abajo*, o sea su beneficio no tiene lugar en la finca o en el lugar donde ellas son instaladas. Ellas son de *naturaleza pública*.

La figura que se presenta en la siguiente página nos muestra el Manejo Inadecuado de una Cuenca Hidrográfica y los problemas que esto trae consigo (Tomado de FAO, 1984)

La clave correspondiente a dicha figura se presenta a continuación:

- |  |   |
|--|---|
| 1.- Terreno Deforestado  | 2.- Terreno escarpado, cultivado siguiendo la pendiente                               |
| 3.- Vastas zonas dedicadas al monocultivo  |   |
| 5.- En aguas poco profundas la pesca es menor  | 4.- Camino bloqueado por un desprendimiento de tierra                                 |
| 6.- Los sedimentos acumulados en embalse limitan la vida útil de la central hidroeléctrica | 7.- La erosión en cárcavas invade las tierras cultivables                             |
| 8.- Los bancos de fango reducen la navegabilidad de los ríos                               | 9.- Se multiplican los barrios marginales al migrar la población rural a las ciudades |
| 10- Puente destruido por las inundaciones  |   |
| 12- Tierras de pastoreo mal aprovechadas, a merced de la erosión eólica                    | 11- Cultivo en campos sin protección  |
| 13- Los pueblos que se inundan con frecuencia quedan deshabitados                          |   |

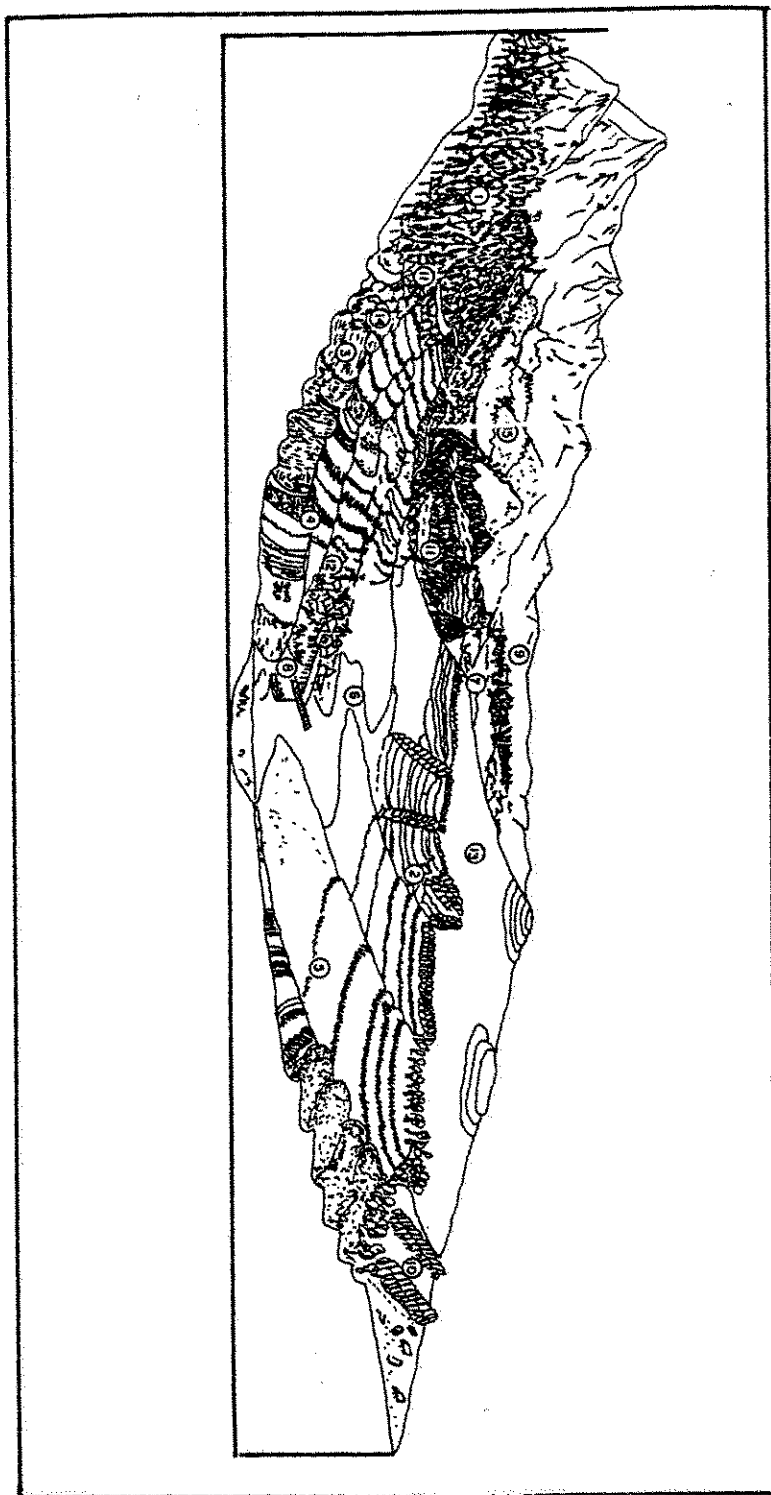




En la página siguiente aparece una figura donde se presentan las alternativas de solución al problema que se presentó en figura anterior; lo cual correspondería al Ordenamiento y Manejo Adecuado de dicha Cuenca Hidrográfica (Tomado de FAO, 1984)

La clave correspondiente a dicha figura se presenta a continuación:

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Terreno Reforestado  | 2.- Erosión en cárcavas detenida por presas de contención  |
| 3.- Bancales en terrenos escarpados  | 4.- Cultivo adaptado a las curvas de nivel, en tierras más bajas   |
| 5.- Terraplenes para interceptar la escorrentía superficial                  | 6.- Al detenerse la erosión, se reducen las inundaciones   |
| 7.- Nuevo embalse para suministrar energía                                   | 9.- Los servicios urbanos mejoran al detenerse las migraciones demográficas                              |
| 8.- La navegabilidad de los ríos mejora y aumenta la pesca                   | 11- Al no producirse desprendimiento de tierras o inundaciones mejoran las comunicaciones por carreteras |
| 10- Las cortinas cortavientos reducen la erosión eólica y mejoran los pastos | 13- Rotación de cultivos en fajas, siguiendo las curvas de nivel   |
| 12- Los servicios rurales mejoran a medida que los pobladores se extienden   | 15- Los bosques que cubren las pendientes previenen el depósito de sedimentos en los embalses            |
| 14- Cultivo frutícola en terrazas sobre terrenos escarpados                  |  |



**2.4.6.- PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE UNA CUENCA  
HIDROGRAFICA**

El desarrollo de una zona puede llevarse a cabo dentro de cualquier límite que los planificadores escojan, pero la planificación de las mejoras físicas, la construcción de infraestructuras o la movilización de los recursos humanos se verán restringidos a menos que se realice dentro de límites naturales; es decir dentro de una cuenca hidrográfica o de cada uno de sus tributarios independientes (sub-cuenca).

En la actualidad las actividades de desarrollo se efectúan con un enfoque global para dar solución a los problemas de carácter local, regional o nacional. Problemas políticos o de otro tipo pueden influir en las políticas de desarrollo, pero estas han de tener como objetivo fundamental el mejoramiento de la economía del país y de las condiciones de vida de sus habitantes.

Un plan de desarrollo global, independientemente de su magnitud solo podrá conseguir sus objetivos si se tienen en cuenta todas las tierras existentes, sus posibilidades de desarrollo y rehabilitación, su posible contribución a la producción de alimentos, combustible y madera, su hidrología. Debe tener en cuenta la disponibilidad de agua para riego, el riesgo de inundaciones, sequía, la erosión y acumulación de sedimentos. Es preciso tener presente las necesidades de transporte, almacenamiento, mercadeo, mejorar las condiciones de vida de la población y el ambiente socio-económico en general (disponibilidad de crédito, cooperativas, servicios sanitarios y educativos).

La *cuenca hidrográfica* constituye la única zona "natural" que puede elegirse para realizar un *proyecto de conservación de suelo y aguas*, porque permite a los planificadores observar todas las características de la escorrentía en una zona determinada y hacer los planes pertinentes para combatirla o detenerla.

La cuenca hidrográfica es una unidad ecológica en la que la mayoría de los procesos naturales que en ella se enmarcan (erosión de los suelos, alimentación de las aguas subterráneas y superficiales, etc.) se manifiestan de manera coherente y global. Cuando estos procesos son alterados en detrimento del medio natural y debido a su coherencia, las medidas correctivas a aplicarse son de mayor efectividad en el marco de la cuenca hidrográfica. Esto explica porqué este ámbito físico-natural se considera como la unidad territorial más adecuada para la planificación del manejo de los recursos naturales y del medio ambiente en su conjunto especialmente en las zonas tropicales.

Las cuencas hidrográficas no deben ser consideradas como áreas geosocioeconómicas aisladas y autónomas, sino que conviene que su desarrollo y ordenamiento forme parte integral de un Programa Regional.

Solo trabajando a nivel de una cuenca hidrográfica es posible controlar todos los recursos desde la parte mas elevada hasta las tierras mas bajas, sin que agentes externos impidan el mantenimiento o restablecimiento esencial del equilibrio ecológico, tan importante para sostener y mejorar la producción agrícola y el progreso social.

Los estudios de cuencas hidrográficas tienen por objetivo la comprensión de la estructura y funcionamiento de los diversos sistemas naturales, para determinar los modos de intervención que permitan aumentar la productividad y mantener la potencialidad del territorio.

El conocimiento de las cuencas hidrográficas en su conjunto permite definir la estrategia del aprovechamiento nacional de los recursos naturales, por lo que en la planificación de una cuenca hidrográfica es fundamental proceder con un enfoque global.

El desarrollo de una cuenca hidrográfica tiene por objeto mejorar las condiciones de vida de los habitantes, además del manejo de los recursos naturales. El desarrollo incluye nuevos cultivos y sistemas de cultivos, mejores servicios de mercadeo de la producción agrícola, nuevos caminos, servicios de salud y educación y un mejoramiento general del ambiente.

El *desarrollo integrado* de una *cuenca hidrográfica*, supone la *conservación* de los *recursos naturales* de la cuenca de drenaje, propiciará el almacenamiento de agua, la prevención de inundaciones repentinas, la acumulación de sedimentos en el sistema de drenaje, la reconstitución de las aguas subterráneas y superficiales, estos beneficios favorecerán a los agricultores de las tierras bajas.

A nivel de un país existen una gran cantidad de cuencas hidrográficas, cada una de ellas tiene un grado de deterioro específico, que requiere un tratamiento particular.

Pero debido a limitaciones de recursos humanos, financieros y técnicos que tienen la mayoría de los países subdesarrollados hacen imposible el estudio de todas las cuencas en el mismo período de tiempo.

La priorización espacial de las actividades relacionadas con el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas representa un elemento clave en el proceso de planificación del aprovechamiento racional de los recursos naturales.

A la hora de hacer planes para el desarrollo global de una cuenca hidrográfica es necesario conocer perfectamente la situación y las posibilidades de desarrollo del lugar en cuestión. Un trabajo de este tipo ha de ser "multidisciplinario", y solo puede planificarse y ejecutarse fructuosamente con la estrecha colaboración de especialistas de diversas disciplinas. El plan en sí se fundará en una amplia información de base, con antecedentes sobre suelo y clima, los sistemas actuales y previstos de aprovechamiento de la tierra, la condición socio-económica y las aspiraciones de sus habitantes y las prioridades establecidas en el plan de desarrollo nacional.

La ordenación de una cuenca hidrográfica implica mucho más que la conservación del suelo, supone la planificación del aprovechamiento de todos los recursos naturales de manera que beneficie a todos sus habitantes, tanto en el presente como en el futuro. El resultado final será un nivel de vida superior para los habitantes de la cuenca y una forma de vida que garantizará el futuro de los recursos naturales por mucho tiempo.

La conservación de suelos se ocupa de todas las tierras comprendidas dentro de los límites de la cuenca hidrográfica; no solo se refiere a las tierras agrícolas cultivadas, sino también a los bosques, los pastizales, las áreas destruidas por los cultivos y otras que pueden servir solamente como zonas de protección; es preciso prestar especial atención al clima, la hidrología y el balance ecológico de toda la cuenca.

Entre las diversas fases del desarrollo global de una cuenca hidrográfica existe una relación muy íntima e interdependiente. Las medidas de conservación de suelo en las tierras agrícolas por si solas no pueden tener más que una eficacia parcial; pero constituyen un componente fundamental y un instrumento importante para introducir mejoras y conseguir beneficios directos para la población agrícola; pero se requieren trabajos complementarios en otros sectores del plan de desarrollo de la cuenca para dar solución al problema de forma general.

Para combatir la erosión se comenzará siempre por la parte mas alta, donde suelen aparecer los primeros síntomas de perturbación, prosiguiendo hacia abajo en dirección del valle.

La ordenación de una cuenca hidrográfica pareciese un proyecto ambicioso, pero se trata de un concepto sumamente simple. Una vez que se conocen los elementos básicos del plan para una cuenca, el trabajo efectivo se realiza y organiza a una escala menor (a nivel de sub-cuenca).

Cuando se ha terminado la ordenación de una sub-cuenca, se dedica la atención a la siguiente, y así sucesivamente, hasta haber resuelto en su totalidad la ordenación de una cuenca principal de manera racional. De esa manera el período de desarrollo puede extenderse por varios años, según la disponibilidad de medios financieros y personal capacitado. Es esencial un trabajo continuo de mantenimiento, para evitar que la acción de la naturaleza ponga en peligro las obras y mejoras hechas.

Cuando todas las subcuencas hayan sido tratadas y desarrolladas una por una y se halla mejorado también el curso de agua o río principal, se podrá decir que el plan se ha llevado adelante en forma sistemática, sobre la base de sólidos principios técnicos y socio-económico. Lo cual constituye una de las ventajas de afrontar el problema del manejo del suelo y del agua a través de cuencas hidrográficas.

A través de la planificación de cuencas hidrográficas se da respuesta conservacionista con visión perspectiva a los proyectos de desarrollo propuestos por la región o regiones. Se compatibilizan estos proyectos con los intereses ecológicos de la cuenca y se plantean señalamientos sobre la conveniencia o no conveniencia de éstos, su dimensionamiento, ubicación territorial, etc; lo que enriquece, mejora y tiende a perfeccionar la planificación regional.

Al entrar en la dimensión del ordenamiento territorial se alcanza un equilibrio ecológico a largo plazo, al plantearse los lineamientos y acciones para el ordenamiento del territorio, se dan orientaciones a la planificación regional para usar de manera óptima los recursos naturales y contribuir a la conservación del medio ambiente.

La planificación de cuencas hidrográficas corresponde solo a un segmento de la planificación regional y/o nacional por lo que suele constituir parte importante del plan general de desarrollo y ordenamiento territorial nacional; por lo que una de sus metas es la producción agrosilvopastoril sostenida involucrando por tanto un enfoque conservacionista en el aprovechamiento de los recursos naturales renovables disponibles.

*El Plan de Ordenamiento y Manejo de una Cuenca Hidrográfica* es un instrumento que permite orientar y controlar las transformaciones de la unidad geográfica referencial donde se están produciendo las actividades y comunicaciones humanas ligadas al espacio y sus componentes (recursos naturales) por sus localizaciones y movilizaciones.

El plan contempla la inclusión de las siguientes dimensiones:

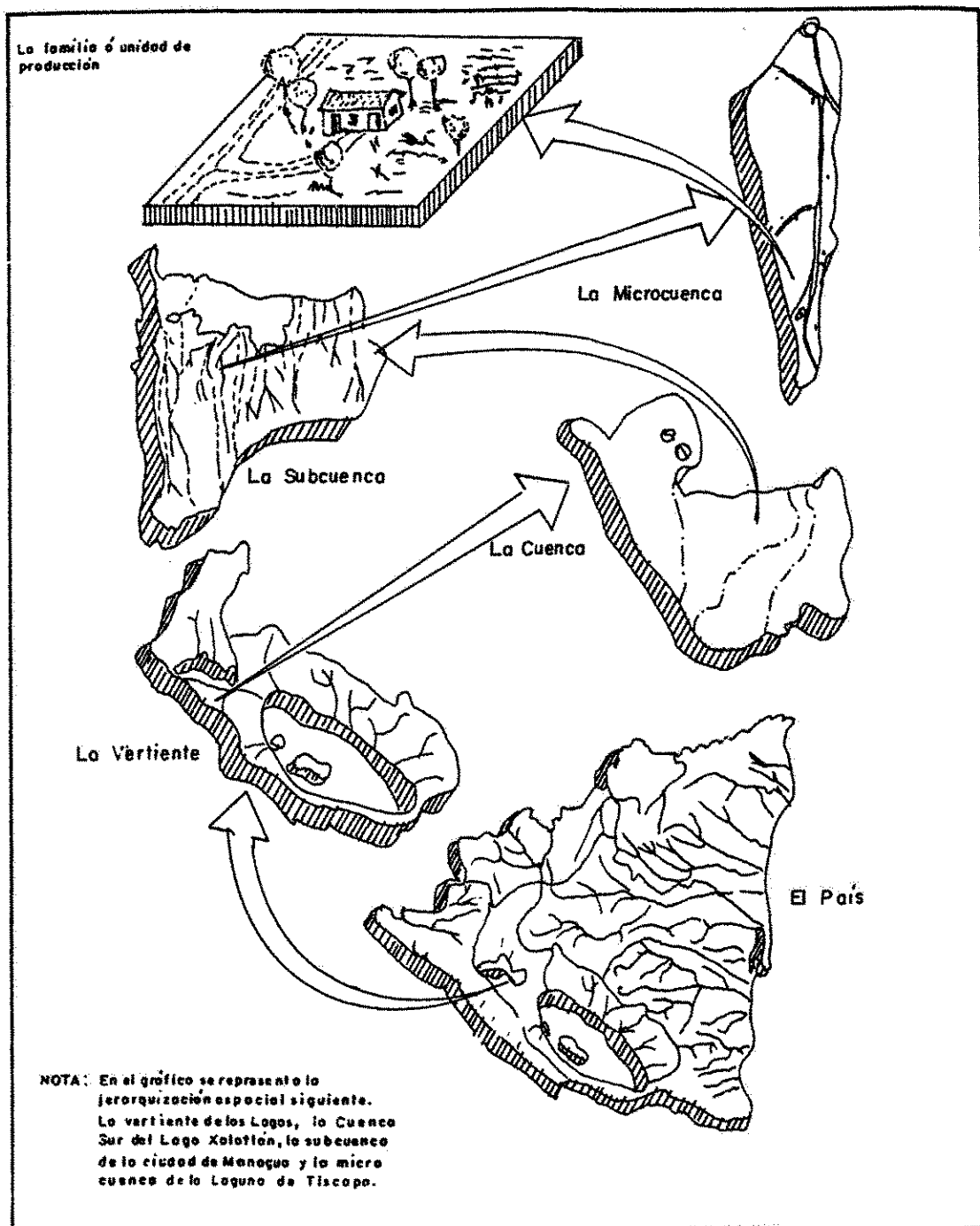
- |                 |                  |              |
|-----------------|------------------|--------------|
| . Espacial      | . Financiera     | . Política   |
| . Económica     | . Socio-Cultural | . Temporal   |
| . Ambientalista | . Legal          | . Científica |
| . Técnica       |                  |              |

De manera general en la dimensión espacial de la planificación de cuencas hidrográficas se distinguen seis niveles diferentes que son:

- |                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| . El País        | . La Vertiente                      |
| . La Cuenca      | . La Subcuenca                      |
| . La Microcuenca | . La Familia o Unidad de Producción |



En el siguiente gráfico se presenta la percepción de los múltiples Niveles de la Dimensión Espacial en la Planificación de Cuencas Hidrográficas



El *Ordenamiento Territorial* es el proceso que permite lograr en el *espacio* y en el *tiempo*, la *organización racional* de los *recursos disponibles* con miras a obtener el *máximo* de *bienestar* para la *población*. Toda acción de ordenamiento tiende a optimizar las inter-relaciones que deben existir entre los recursos de un marco espacial determinado con el fin de asegurar a la población de ese mismo marco, los medios que les permitan obtener un máximo de bienestar socio-económico.

El vínculo entre el ordenamiento territorial y el de cuenca hidrográfica se establece con el aporte de conocimiento que se generan al estudiar la cuenca en su relación con las orientaciones para el desarrollo a niveles político-administrativo superiores.

La *cuenca*, la *subcuenca* y la *microcuenca* representan los niveles donde se *operativiza* la *planificación* de cuencas hidrográficas o sea son las *unidades* que permiten *establecer*, los *programas*, *subprogramas* y *proyectos específicos*; pero cada nivel requiere de un detalle distinto en cuanto a información.

La relación entre el desarrollo de una región y las cuencas hidrográficas debe ser total, de manera que las especificaciones de prioridades de tratamiento de cada cuenca estén enmarcadas en el plan de desarrollo de la región por ser parte constitutiva de esta.

El *sector* mas *crítico* y el más *dañado* de toda *cuenca* hidrográfica lo constituye la *cubierta forestal*; la cual es importante por su contribución a la economía y bienestar de la población rural.

Los bosques son esenciales para mantener el equilibrio ecológico y el régimen de aguas, impedir inundaciones y sequías, prevenir la erosión hídrica y eólica y la sedimentación, y mantener un rendimiento sostenido en los terrenos de cultivo y las plantaciones. Además, mediante el uso de sistemas combinados de agrosilvicultura, con árboles que den fruto y forrajes, los bosques permiten aumentar la producción de ganado y de cultivos alimentarios y comerciales.

En los *trabajos* de *desarrollo* de una *cuenca hidrográfica* es necesario prestar especialísima *atención* a las *tierras altas*; debido a que en las partes montañosas de las cuencas el peligro de erosión y su incidencia es mayor, además en esas zonas se encuentran los agricultores pobres y la presión demográfica es mayor en relación con los recursos naturales.

La *ordenación* de la *cuenca* debe *empezar* por la *parte alta*, descendiendo gradualmente por las laderas y a lo largo de los pequeños tributarios, hasta llegar a las tierras bajas y por último al mar o al curso principal de agua. Sería poco prudente comenzar a trabajar en la conservación de suelos de las tierras bajas sin haberlo hecho antes en las tierras altas; este aspecto tan sencillo y fácil de entender a menudo se pasa por alto.

Las *mejoras* realizadas en las partes altas de una cuenca hidrográfica *benefician* a las *partes mas bajas* y a toda la *cuenca fluvial*, incluida la *población rural y urbana, las ciudades y la industria*.

Los trabajos de conservación de suelos y aguas en las tierras bajas consisten en mantener y mejorar la fertilidad del suelo mediante una buena explotación agrícola. En el caso del riego, esto incluye una adecuada nivelación y uso del agua y la prevención de la alcalinidad y el anegamiento.

En ocasiones es necesario introducir mejoras o reparar los daños que ya se han producido; para lo cual se pueden hacer obras de drenaje superficial y subsuperficial, construir zanjias de intercepción y derivación, corrección de cauces etc. Estas obras serán eficaces si se ha procedido antes a un desarrollo adecuado de la cuenca hidrográfica en las tierras altas, de lo contrario en corto tiempo la situación volverá a ser igual que antes de realizarse los trabajos.

En una cuenca hidrográfica adecuadamente desarrollada no hay lugar para la "*Agricultura Migratoria*", como método de conservación de suelo, excepto en casos especialísimos en que haya reservas suficiente de tierras de elevada productividad. La agricultura migratoria consiste en un ciclo de corta y quema de la vegetación natural, seguido por breves períodos de cultivo (1-3 años) y largos períodos de barbecho (10-40 años) para que la vegetación natural se reconstituya y el suelo recupere su fertilidad. Al final del período de barbecho se repite el ciclo, a menos que los agricultores se hayan desplazado a otras zonas para iniciar en ellas un nuevo ciclo.

El *período de barbecho* consiste en dejar la tierra en descanso por algunos años, permitiendo la regeneración natural de varias especies que los productores utilizan en diversas aplicaciones.

Los aspectos del comportamiento humano que influyen en la reacción de las comunidades agrícolas ante la necesidad de adoptar medidas de conservación de suelo en una cuenca hidrográfica son: las costumbres, obstáculos tradicionales, organización social de las familias y la comunidad etc. Estos aspectos deben tomarse en cuenta cuando se quiere proceder a la conservación de suelos y aguas dentro del marco del desarrollo global de una cuenca hidrográfica; ya que es imposible realizar estas actividades sin contar con la plena cooperación de las comunidades agrícolas y de cada uno de los agricultores. Todos los sectores de la población deben de contribuir a la rehabilitación de las partes rurales de una zona hidrográfica

Si se da un tratamiento adecuado a la tierra, se puede contener la escorrentía que se produce durante las lluvias, mediante la construcción de pequeños embalses en diversos lugares de la cuenca hidrográfica. El agua almacenada puede usarse para riego, para abastecer a la población o se puede liberar lentamente y sin peligro más tarde para que fluya río abajo.

En conclusión podemos decir que la *Ordenación Integrada de Cuencas Hidrográficas* significa articular en el momento oportuno y en el orden conveniente los siguientes elementos:

- . Agricultura Conservacionista
- . Manejo Forestal
- . Mejoramiento de Pastizales
- . Control de Cárcavas y Torrentes
- . Construcción de Presas y Diques Marginales

La *ordenación* de la *cuenca* debe *empezar* por la *parte alta*, descendiendo gradualmente por las laderas y a lo largo de los pequeños tributarios, hasta llegar a las tierras bajas y por último al mar o al curso principal de agua. Sería poco prudente comenzar a trabajar en la conservación de suelos de las tierras bajas sin haberlo hecho antes en las tierras altas; este aspecto tan sencillo y fácil de entender a menudo se pasa por alto.

Las *mejoras* realizadas en las partes altas de una cuenca hidrográfica *benefician* a las *partes mas bajas* y a toda la *cuenca fluvial*, incluida la *población rural y urbana, las ciudades y la industria*.

Los trabajos de conservación de suelos y aguas en las tierras bajas consisten en mantener y mejorar la fertilidad del suelo mediante una buena explotación agrícola. En el caso del riego, esto incluye una adecuada nivelación y uso del agua y la prevención de la alcalinidad y el anegamiento.

En ocasiones es necesario introducir mejoras o reparar los daños que ya se han producido; para lo cual se pueden hacer obras de drenaje superficial y subsuperficial, construir zanjias de intercepción y derivación, corrección de cauces, etc. Estas obras serán eficaces si se ha procedido antes a un desarrollo adecuado de la cuenca hidrográfica en las tierras altas, de lo contrario en corto tiempo la situación volverá a ser igual que antes de realizarse los trabajos.

En una cuenca hidrográfica adecuadamente desarrollada no hay lugar para la "*Agricultura Migratoria*", como método de conservación de suelo, excepto en casos especialísimos en que haya reservas suficiente de tierras de elevada productividad. La agricultura migratoria consiste en un ciclo de corta y quema de la vegetación natural, seguido por breves períodos de cultivo (1-3 años) y largos períodos de barbecho (10-40 años) para que la vegetación natural se reconstituya y el suelo recupere su fertilidad. Al final del período de barbecho se repite el ciclo, a menos que los agricultores se hayan desplazado a otras zonas para iniciar en ellas un nuevo ciclo.

El *período de barbecho* consiste en dejar la tierra en descanso por algunos años, permitiendo la regeneración natural de varias especies que los productores utilizan en diversas aplicaciones.

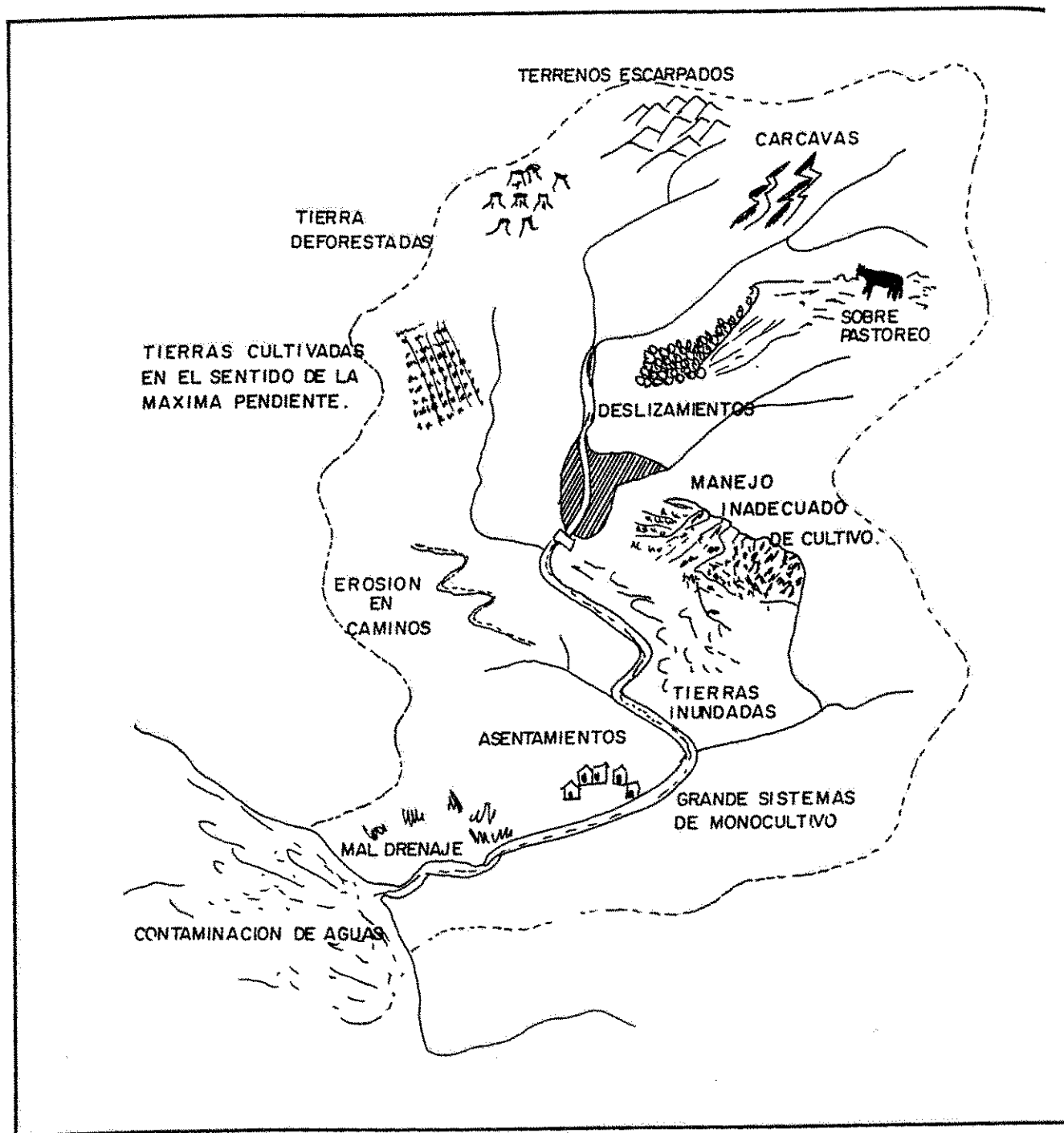
Los aspectos del comportamiento humano que influyen en la reacción de las comunidades agrícolas ante la necesidad de adoptar medidas de conservación de suelo en una cuenca hidrográfica son: las costumbres, obstáculos tradicionales, organización social de las familias y la comunidad etc. Estos aspectos deben tomarse en cuenta cuando se quiere proceder a la conservación de suelos y aguas dentro del marco del desarrollo global de una cuenca hidrográfica; ya que es imposible realizar estas actividades sin contar con la plena cooperación de las comunidades agrícolas y de cada uno de los agricultores. Todos los sectores de la población deben de contribuir a la rehabilitación de las partes rurales de una zona hidrográfica

Si se da un tratamiento adecuado a la tierra, se puede contener la escorrentía que se produce durante las lluvias, mediante la construcción de pequeños embalses en diversos lugares de la cuenca hidrográfica. El agua almacenada puede usarse para riego, para abastecer a la población o se puede liberar lentamente y sin peligro más tarde para que fluya río abajo.

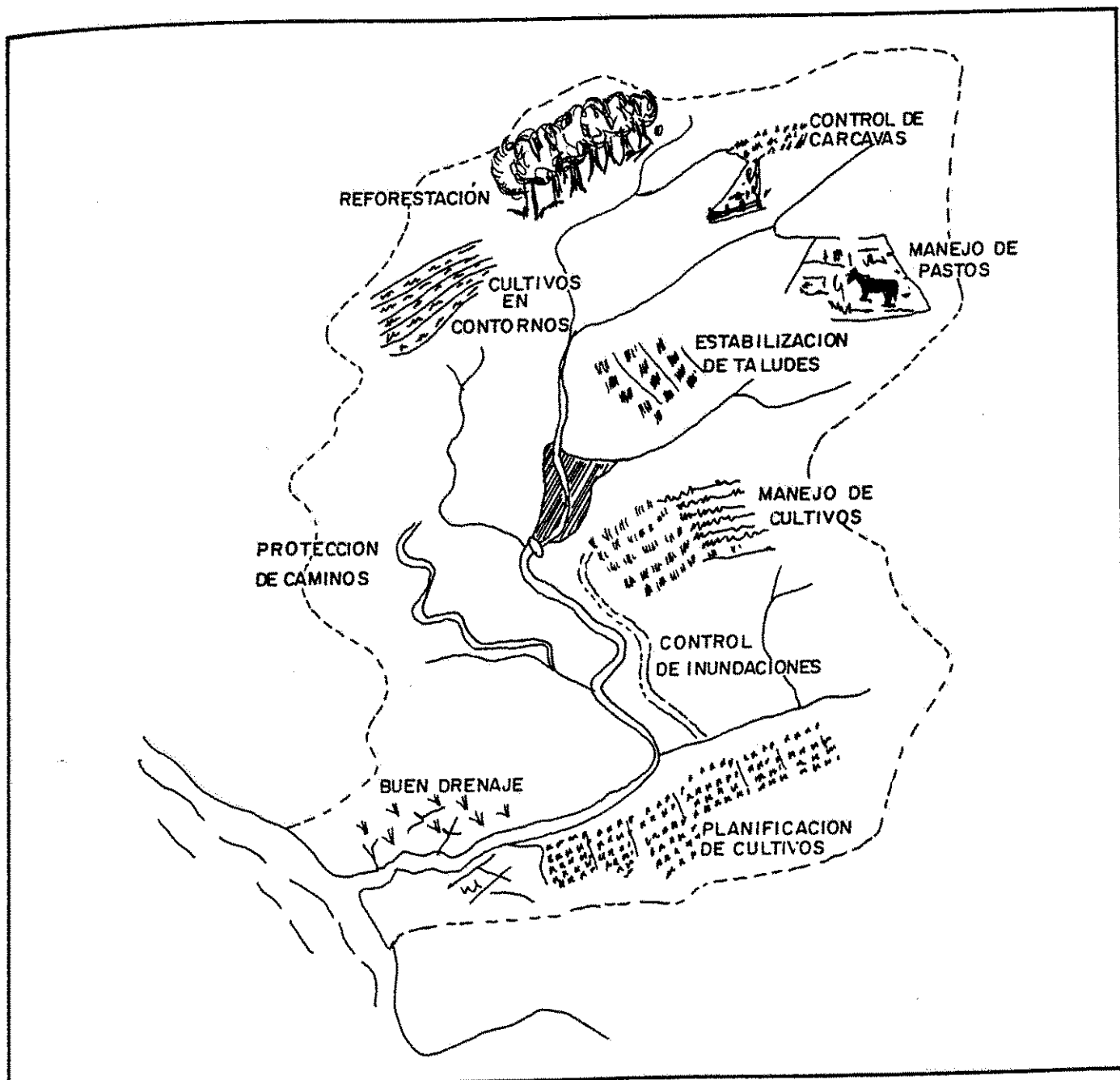
En conclusión podemos decir que la *Ordenación Integrada de Cuencas Hidrográficas* significa articular en el momento oportuno y en el orden conveniente los siguientes elementos:

- . Agricultura Conservacionista
- . Manejo Forestal
- . Mejoramiento de Pastizales
- . Control de Cárcavas y Torrentes
- . Construcción de Presas y Diques Marginales

La siguiente figura nos muestra los problemas de los Recursos Suelo y Agua y su ubicación en una Cuenca Hidrográfica (Valle, Ladera, Cauce)



En la figura que se presenta a continuación, se identifican las Soluciones de los Problemas de Suelo y Agua a nivel de una Cuenca Hidrográfica





## 2.4.7.- CUENCAS HIDROGRAFICAS DE NICARAGUA

2.4.7.1.- DISTRIBUCION GENERAL DE LAS CUENCAS  
HIDROGRAFICAS EN NICARAGUA

Debido a la topografía que presenta el país, esto permitió a IRENA dividirlo en tres grandes vertientes y ubicar las cuencas hidrográficas existentes en cada una de ellas.

La tres vertientes son:

VERTIENTE	EXTENSION (Km <sup>2</sup> )
PACIFICO	12,335
LACUSTRE	17,092
CENTRAL-CARIBE	<u>94,021</u>
Total	123,448

La vertiente Central-Caribe por constituir el 75% del territorio, o sea las 3/4 partes fue fraccionada en tres sub-vertientes denominadas:

SUB-VERTIENTE	AREA (Km <sup>2</sup> )
CENTRAL-CARIBE-NORTE	45,627
CENTRAL-CARIBE-MEDIO	26,803
CENTRAL-CARIBE SUR	<u>21,591</u>
Total	94,021

La sub-vertiente Central-Caribe-Norte es la de *mayor extensión*, debido a que en ella se encuentra ubicada la *Cuenca del Río Coco*, que tiene un área aproximada de 25,000 Km<sup>2</sup>.

En la Vertiente Lacustre se incluyen las superficies de los esteros y lagunas costeras que son áreas de gran productividad biológica más la superficie de los lagos.

Las dos vertientes y las tres sub-vertientes se establecen como cinco regiones hidrográficas en las cuales IRENA identifico 33 "*Cuencas Hidrográficas Operativas*" y en total en el país existen 113 subcuencas.

Una *Cuenca Hidrográfica Operativa*, es un conjunto de pequeñas cuencas consecutivas; por ejemplo las que drenan directamente al Océano Pacífico o al Lago de Managua. También puede ser una cuenca más extensa, por ejemplo los ríos principales que drenan hacia el Caribe.

La delimitación de las cuencas operativas facilita su estudio y agrupación para la elaboración de los respectivos planes maestros que darán la pauta en cada caso para el ordenamiento de las cuencas y sub-cuencas que contienen.

En la región del Pacífico de nuestro país se han establecido rangos de tamaño que orienten a la sectorización hidrográfica del territorio en cuenca, subcuenca y microcuenca, de forma que respondan a los requerimientos de macro y micro-ordenamiento de la tierra.

Los rangos establecidos son los siguientes:

**NIVELES DE SECTORIZACION****RANGOS DE TAMAÑO (Km<sup>2</sup>)**

CUENCA	400 - 850
SUB-CUENCA	100 - 250
MICRO-CUENCA	10 - 50

El desarrollo de la nación en base a un aprovechamiento racional del ambiente y de sus recursos naturales por la vía de la Planificación del ordenamiento y Manejo Conservacionista de Cuencas Hidrográficas es una actividad relativamente reciente en Nicaragua por lo que a menudo no se visualiza claramente, la relación existente entre este tipo de planificación y las demás actividades de desarrollo y ordenamiento territorial.

En el siguiente cuadro podemos apreciar algunos problemas que presentan algunas Cuencas Hidrográficas en Nicaragua (Tomado de IICA, 1993)

## PRINCIPALES PROBLEMAS

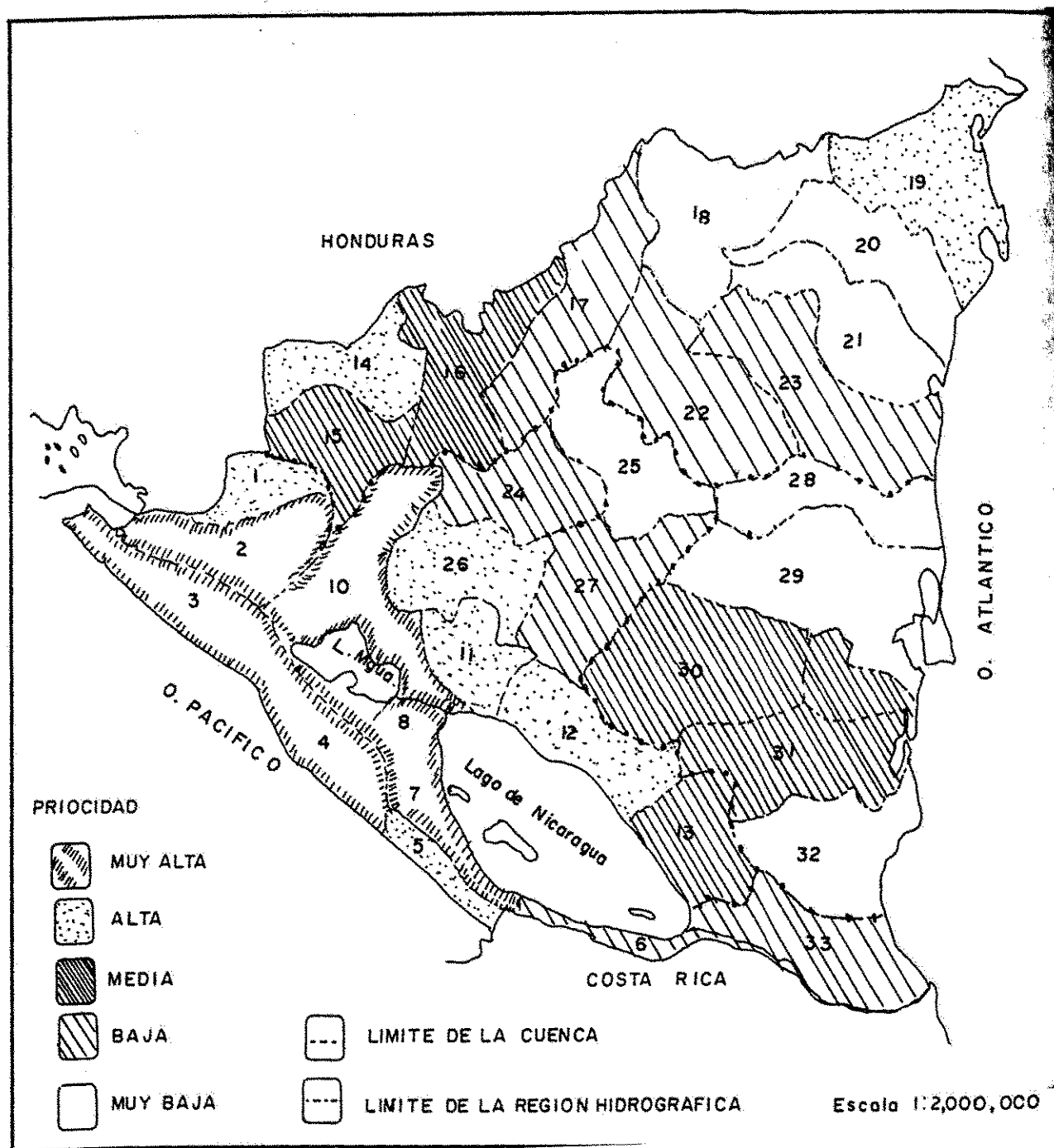
NOMBRE DE LA CUENCA	EROSION	CONTAMINACION DE AGUA	CAMBIO DE CLIMA	CAMBIO DE PRECIPITACION
Cuenca alta y Media del Río Malacatoya (Boaco)	X			
Cuenca Sur del Lago de Managua	X	X		
Cordillera de Los Marrabios	X		X	X
Cuenca y Sub-cuenca Cordillera Isabelia y Dariense	X		X	
Cuenca Río Escondido	X			X
Cuenca Río San Juan	X			X

A continuación se presenta un cuadro en el que se incluyen las Cuencas Hidrográficas Operativas de nuestro país y su área respectiva en Kilómetros Cuadrados

A.- VERTIENTE PACIFICO		AREA			AREA
1.-	Río Negro	376,700	21.-	Kukalaya-Wounta	429,000
2.-	Estero-Real	323,000	22.-	Siuna-Prinzapolka	557,100
3.-	Volcano-Pacífico	274,400	23.-	Bonanza-Prinzapolka	670,900
4.-	Piemonte-Pacífico	115,300			
5.-	Istmo-Pacífico				
B.- VERTIENTE LACUSTRE		AREA	D.- VERTIENTE CENTRAL-CARIBE MEDIO		AREA
6.-	Río Frio-Sapoa	131,500	24.-	Tuma-Waslala	332,100
7.-	Rivas-Cocibolca	125,200	25.-	Iyas-Lasawé	367,600
8.-	Granada-Masaya-Tipitapa	64,700	26.-	Matagalpa-Olama	366,400
9.-	Sierras-Managua	475,200	27.-	Murra-Río Grande	405,000
10.-	Río Viejo Xolotlán	231,700	28.-	Río Grande-La Barra	429,000
11.-	Malacatoya-Tecolostote	354,200	29.-	Kurinwás-Laguna de Perlas	780,200
12.-	Mayales-Oyate	284,000			
13.-	Tepenaguasapa-Tule				
C.- VERTIENTE CENTRAL-CARIBE NORTE		AREA	E.- VERTIENTE-CENTRAL-CARIBE SUR		AREA
14.-	Coco-Segovia	270,000	30.-	Siquia-Mico	647,300
15.-	Coco-Esteli	422,600	31.-	Rama-Escondido-Kukra	661,200
16.-	Coco-Wiwili	460,100	32.-	Punta Gorda-Maíz	425,000
17.-	Coco-Bocay	486,600	33.-	Río Indio-San Juan	425,600
18.-	Coco-Waspuk	613,000			
19.-	Coco-Miskito	386,600			
20.-	Wawaa-Karatá				
			SUB-TOTAL		12,344,800
			Grandes Lagos		930,000
			TOTAL		13,274,800

*Nota:* Las superficies fueron calculadas por el Instituto Geográfico Nacional

El siguiente Mapa de Nicaragua muestra la Distribución y el grado de prioridad de las Cuencas Hidrográficas Operativas en nuestro país



**2.5.- ASPECTOS GENERALES DE AGRICULTURA DE BAJO USO DE INSUMOS EXTERNOS Y SOSTENIBLES (ABIES)****2.5.1.- GENERALIDADES**

La degradación de tierras es uno de los problemas que más esta afectando el equilibrio de la naturaleza. Esta degradación esta muy relacionada, entre otros con la agricultura.

El modelo de desarrollo agrícola llamado "Revolución Verde" o Agricultura de Alto Uso de Insumos Externos (AAIE), creado e impulsado por los países industrializados ha tenido poca relevancia para los pequeños y medianos agricultores de los países como Nicaragua. Este modelo trajo consecuencias negativas a la población, a los sistemas de producción tradicionales y al medio ambiente. Cambio los sistemas de producción en el agro, introduciendo el uso de agroquímicos, provocando contaminación tanto al medio ambiente como a los alimentos producidos.

La productividad de la agricultura en nuestro país ha ido cambiando a causa de la acelerada y creciente deforestación. Los efectos directos que esto ha ocasionado son daños serios a los ecosistemas naturales del país, como es la Desertificación de la Región de Occidente, el proceso de desecamiento de los ríos, los graves procesos de erosión hídrica y eólica, el deterioro de las cuencas hidrográficas, la escasez creciente de leña, la reducción de la diversidad genética, la extinción de especies de fauna y flora.

La sobredosificación de agroquímicos y el laboreo mecanizado intensivo de los suelos, han sido factores determinantes para provocar la contaminación de las fuentes de agua y el desbalance ecológico que produce los problemas de explosión de plagas.

Por lo tanto, es necesario buscar nuevos enfoques de desarrollo agrícola que no impliquen el uso excesivo de recursos no renovables (energía fósil y fosfatos), que no promuevan la erosión de los suelos, la destrucción de los recursos naturales, la contaminación del ambiente y que tengan en cuenta el conocimiento y habilidad de los campesinos para producir. Estos nuevos enfoques reciben el nombre genérico de **ABIES (Agricultura de Bajo Uso de Insumos Externos y Sostenibles)**.

La necesidad de una Agricultura de Bajo Uso de Insumos Externos Sostenibles es aún mayor si se considera que los precios de los cultivos tradicionales han decaído debido a los baratos y subsidiados granos importados y al incremento del precio de los insumos. Esto a su vez empeora las condiciones agroecológicas de las fincas que son sometidas a mayores presiones por parte del agricultor; lo que trae como consecuencia mayor pobreza y emigración de estos hacia zonas urbanas.

### 2.5.2.- *DEFINICION*

La agricultura de ABIES representa un tipo de agricultura que esta *basada* en la realización de una *alta y duradera fertilidad del suelo*, como la *base* para una *producción agrícola sostenible*; sobre la cual los *campesinos poseen un alto grado de control*, ya que ellos *no dependen excesivamente de los insumos externos*. Se basa principalmente en el *uso de insumos originados en la propia finca, localidad, región o país*; esto se hace con el fin de asegurar la *sostenibilidad*.

### 2.5.3.- *CARACTERISTICAS*

Las principales características de ABIES son las siguientes:

- . Optimizar el uso de los recursos locales disponibles
- . Usar insumos externos solo en el caso de complementar elementos deficientes del ecosistema
- . Reciclar al máximo los insumos externos
- . Aspirar a un mayor y sostenido nivel productivo (producción estable, creciente y duradera)
- . Desarrollar prácticas agrícolas específicas para cada sistema ecológico y socio-económico

**2.5.4.- MARCO CONCEPTUAL DE ABIES**

La terminología que se utiliza en ABIES se presenta a continuación (Adaptado de Reijntjes et. al., 1992 y Werf, 1989):

***ECOLOGIA***

Ciencia de las relaciones entre los organismos y su ambiente

***HOLISTICO***

Es un enfoque que considera todos los componentes y aspectos de un sistema y sus inter-relaciones

***INDEPENDENCIA***

No dependiente en, controlado por, o descansando sobre otros/externos

***INTEGRADO***

Considera todos los componentes y combinación de estos dentro de una unidad consistente

***ORIENTADO AL LUGAR***

Adaptado a las limitaciones y posibilidades específicas de un área dada

***ESTABILIDAD***

Es el grado en el cual la productividad es constante frente a los disturbios causados por las fluctuaciones normales del clima y otras variables

***SOSTENIBILIDAD***

Es el manejo de los recursos para satisfacer las cambiantes necesidades del hombre, mientras se mantienen o promueven la calidad del ambiente y la conservación de los recursos naturales

***SINERGIA***

Es la acción de dos o más organismos que consiguen un efecto que es benéfico para ambos



### 2.5.5.- PRINCIPIOS ECOLOGICOS DE ABIES

La adaptación de las tecnologías ABIES a la situación agroecológica específica requiere de una buena comprensión de los principios naturales en los que está basada esta agricultura.

Los principios ecológicos sobre los cuales están basadas las practicas de ABIES son los siguientes:

#### 2.5.5.1.- NATURALEZA COMO EJEMPLO

Los sistemas de agricultura ABIES tratan de imitar los mecanismos de acumulación de nutrientes de los ecosistemas naturales.

Un *Ecosistema Natural* tiene una cubierta vegetal completa que protege el sustrato donde esta establecido y tiene una diversidad vegetal y animal dependiendo de las características climáticas y edáficas del lugar; sus componentes están completos y sus interacciones en equilibrio estable. Mientras los elementos y las interacciones de un ecosistema natural permanezcan invariables o con muy poca variabilidad, se tiene lo que se conoce con el nombre de **SOSTENIBILIDAD NATURAL**.

Los ecosistemas naturales son muy diversos. Sin embargo, ellos tienen una característica principal en común; ellos manejan la acumulación de nutrientes en contra de las fuerzas de la erosión, la escorrentía, el fuego, la lixiviación y volatilización. Esto es, cuando ellos no son disturbados por el hombre.

Los ecosistemas naturales sin la presencia del hombre son autoregulables y sostenibles. Dicha sostenibilidad se puede mantener cuando las poblaciones humanas están dispersas y no actúan en oposición a la naturaleza. Pero cuando el hombre entra en los ecosistemas naturales; primero extrayendo ciertos productos que en su momento considera de valor, luego tumbando y quemando la foresta; para súbitamente en 2-3 años, cambiar el paisaje completamente en lo que se define como **Sistemas Productivos**.

En los ecosistemas tropicales, la acumulación de nutrientes esta basada en cinco elementos, estos son:

- . Continua cobertura del suelo por la vegetación viva
- . Una capa de hojas en descomposición cubriendo el suelo
- . El periodo de mayor liberación de nutrientes por los micro-organismos coincide con el período de mayor demanda de nutrientes por las plantas
- . La mayoría de los nutrientes son retenidos en las plantas y animales
- . Las raíces de las diferentes plantas están distribuidas por todo el suelo a diferentes profundidades

Nuestra habilidad para desarrollar sistemas de agricultura sostenible, dependerá en gran medida de como exitosamente podamos incluir estos mecanismos en las prácticas agrícolas.

#### 2.5.5.2.- DIVERSIDAD

Los ecosistemas naturales son muy diversos, están constituidos de muchas y diferentes especies de plantas y animales que interactúan unos con otros. Esta diversidad e interrelaciones entre y dentro de las especies de plantas y animales resulta en una red de relaciones, donde todos sus componentes se interrelacionan unos con otros.

Esta red de interrelaciones es la que le da fortaleza al ecosistema natural, permitiéndole resistir los disturbios de lluvias erráticas y ataques de plagas y enfermedades.

A nivel de una pequeña finca la diversidad e interrelaciones son importantes, dado que con ellas se puede disminuir la vulnerabilidad de las pequeñas explotaciones a los disturbios externos, no sólo climáticos sino también de cambios económicos.

Por ejemplo, los campesinos que usan fertilizantes producidos en la misma finca y compran en el exterior (fertilizantes orgánicos e inorgánicos) solamente para compensar lo que les hace falta, serán menos susceptibles al aumento de precios de los fertilizantes o a la escasez de los mismos que los campesinos que usan principalmente fertilizantes comprados en el exterior.

En los ecosistemas naturales, la diversidad de especies puede generar un mejor uso de ambientes variables (por ejemplo, un campo con diferencias en fertilidad de suelo o profundidad de raíces), y permitir la creación de combinaciones benéficas (por ejemplo, lo que es residuo para un organismo, se convierte en alimento para otro).

A nivel de la finca, los cultivos y las especies pueden ser seleccionadas para las circunstancias particulares más favorables de fertilidad.

Los cultivos y animales pueden ser combinados para crear beneficios mutuos (por ejemplo cultivos mixtos de maíz y frijoles, rastros de frijoles para forraje y estiércol o desperdicios de cocina para alimento de peces).

En los ecosistemas estas combinaciones benéficas se desarrollan en períodos largos de tiempo. Pero en la finca, sus habitantes tienen que crearlas ellos mismos. Esto significa asegurar la diversidad (por ejemplo, numerosas especies para la producción de alimentos y forraje, crear fajas de protección, diferentes tipos de ganadería), crear interrelaciones (por ejemplo, agroforestería, cultivos múltiples, integración de cultivos y ganado) y explotar las oportunidades (por ejemplo, seleccionando cultivos y ganadería que correspondan a las oportunidades y requerimientos específicos de la finca).

En síntesis, la diversidad se afana por conseguir diferentes tipos de cultivos, animales y actividades y las relaciones de soporte entre estos para aumentar la estabilidad de la finca

#### 2.5.5.3.- *SUELO VIVIENTE*

Uno de los componentes más importantes del suelo es su fauna la cual esta constituida por bacterias, hongos, algas, protozoos, nemátodos, escarabajos, ciempiés, termites, lombrices de tierra. Aproximadamente un décimo de la materia orgánica del suelo es viviente (Dalzell et al, 1987).

Por ejemplo una capa de 10 centímetros de una hectárea de suelo con 1% de materia orgánica contiene aproximadamente 1,500 kg de fauna. Esta cantidad equivale al peso de 3-4 vacas.

Los organismos del suelo juegan un rol importante en los procesos de formación de suelo, creación de la estructura, mineralización y liberación de nutrientes para el crecimiento de las plantas, creación de humus, fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y la toma de nutrientes por las raíces de las plantas.

En los ecosistemas naturales, el suelo y la vida de éste son protegidos de la erosión (hídrica y eólica) y del calentamiento del sol por medio de la continua cobertura vegetal y capa de desechos, la que además asegura la alimentación de la fauna del suelo.

En la finca, la familia tendrá que crear las condiciones favorables para la vida del suelo y manejar la materia orgánica para crear un suelo fértil en el cual las plantas puedan desarrollarse en forma saludable.

La protección del suelo puede llevarse a cabo a través de implementar una cubierta vegetal en el mismo, la que disminuirá el impacto de la lluvia y el calentamiento por el sol a través de rastrojos y cultivos de cobertura y de medidas mecánicas que limiten la erosión hídrica y eólica, como el cultivo en contorno, terrazas de banco, cortinas rompevientos, agroforestería respectivamente.

La vida del suelo tiene que ser protegida en la medida de lo posible de sustancias dañinas manufacturadas por el hombre, como son los pesticidas y fungicidas, por ejemplo a través del manejo preventivo e integrado de plagas.

La alimentación de la vida del suelo requiere materia orgánica tanto de la finca (residuos de cultivos, estiércol animal, residuos de cocina) como del exterior (desechos de los mercados, desperdicios agroindustriales, etc.).

Podemos afirmar que la calidad del suelo y los procesos de vida en el mismo, forman las bases para cualquier actividad agrícola.

#### **2.5.5.4.- *DIAGRAMA DE FLUJOS CICLICOS***

En los ecosistemas naturales rara vez ocurren pérdidas hacia fuera del sistema, y el reciclaje es casi completo. Las pocas pérdidas que ocurren son compensadas por las nuevas entradas a través de la afluencia del aire, de las aguas entrantes y de la mineralización.

Las plantas crecen, toman los nutrientes del suelo, viven, mueren o son comidas por los animales y se convierten en estiércol, regresando al suelo donde son descompuestas por los organismos que habitan en el y finalmente se convierten en nutrientes para otra generación de plantas.

La presencia continua de diferentes tipos de plantas (con diferentes requerimientos de nutrientes y profundidades de raíces) asegura que los nutrientes liberados puedan ser tomados por las diferentes raíces presentes en todas las capas del suelo. Así mismo, la cobertura del suelo previene la formación de costras y las raíces abren la superficie del suelo, permitiendo así la total infiltración del agua.

Los ecosistemas naturales utilizan los recursos renovables y los reciclan. ABIES trata de copiar este mecanismo, previniendo las pérdidas y la reducción de los recursos naturales, limitando la dependencia externa e incrementando su estabilidad.

Las pérdidas son minimizadas por medio de cultivos de cobertura, especies con raíces profundas, control de la erosión y el mejoramiento de la recolección, almacenamiento y aplicación de los residuos de cosecha, estiércol animal y orina.

Las salidas son devueltas como entradas; ya que los residuos de cultivos y desecho animal son reciclados, la basura proveniente de la cocina es hecha compost, las especies de raíces profundas aseguran la explotación completa de la profundidad del suelo y reciclan los nutrientes lixiviados del suelo superficial.

Los nutrientes exportados son repuestos a través de la fijación simbiótica de nitrógeno, la materia orgánica de fuentes externas y el uso complementario de fertilizantes.

Los flujos de agua son manejados a través de la estructura mejorada del suelo, el incremento de la infiltración, la reducción de la evaporación o el drenaje de los excesos de agua si es requerido.

La eficiencia en el uso del agua es mejorada por el manejo del microclima, la cobertura del suelo, el control de la escorrentía, la labranza en contorno, las micropresas, los reservorios de agua etc., por lo que las pérdidas son minimizadas, la eficiencia, el reciclaje de los nutrientes y del agua son promovidos y la exportación por ventas compensadas.

Por lo tanto, los nutrientes, el agua y la energía deben ser usados eficientemente.

#### **2.5.6.- SISTEMAS DE AGRICULTURA ABIES**

Los sistemas de agricultura ABIES son los siguientes:

##### **2.5.6.1.- BIODINAMICO**

Es un *sistema holístico* de agricultura que busca *conectar* la *naturaleza* con las *fuerzas cósmicas*. Se intenta crear el organismo de un finca entera en armonía con su habitat. Se evita el uso de fertilizantes e insecticidas sintéticos.

##### **2.5.6.2.- ECOLOGICA**

Este sistema en términos generales considera las *leyes ecológicas en la agricultura*.

Según Madaula y cols. (1992) los planteamientos de la agricultura ecológica se pueden sintetizar de la siguiente manera:

- . Utilizar rotaciones de cultivos, con variedades adaptadas
- . Emplear técnicas agrícolas respetuosas con el medio ambiente y con la conservación del suelo
- . Evitar el empleo de agroquímicos y la agromecánica
- . Conseguir una producción de calidad, propugnando una venta directa

Con ello se consigue:

- . Disminuir la producción agrícola, lo que resulta coherente con una política de extensificación y de reducción de excedentes
- . Disminuir los costos de producción al no utilizar agroquímicos; se utilizan productos procedentes de la naturaleza, cuando sea necesario

- . Disminuir los costos sociales de la contaminación
- . Aumentar las necesidades de mano de obra, lo que supone un aumento de puestos de trabajo
- . Lograr precios de venta más elevados por la calidad y venta directa
- . Aumentar la rentabilidad frente a la agricultura convencional

#### 2.5.6.3.- NATIVA

Es un sistema de agricultura *generado localmente o en cualquier otro lugar, pero transformado por la gente local e incorporado a la vida social*. Puede referirse a conocimiento, tecnología, etc.

#### 2.5.6.4.- NATURAL

Este sistema *busca seguir la naturaleza, minimizando la interferencia humana*; no existe la labranza mecánica, ni los fertilizantes sintéticos o preparaciones de compost, no existe el control de malezas por arado o herbecidas y no depende de químicos.

#### 2.5.6.5.- ORGANICA

Este sistema *estimula la salud del suelo y de los cultivos* por medio de prácticas como reciclaje de nutrientes de la materia orgánica, rotación de cultivos, labranza apropiada y evita el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos.

Los principios de la agricultura orgánica son los siguientes:

- . Favorecer e intensificar los ciclos biológicos en el agroecosistema
- . Trabajar lo más posible dentro de un sistema cerrado, en lo referente a la materia orgánica y a los nutrientes
- . Trabajar con los sistemas naturales más que buscar dominarlos
- . Mantener e incrementar la fertilidad del suelo a largo plazo

- . Utilizar siempre que sea posible recursos renovables
- . Control de la erosión
- . Permitir a los productores agrícolas un beneficio adecuado y una satisfacción en su trabajo
- . Producir alimentos de alta calidad nutricional en cantidad suficiente
- . Evitar cualquier forma de contaminación que se pueda derivar de técnicas agrícolas; se propugna el control integrado de plagas
- . Proporcionar al ganado condiciones de vida que le permita desarrollar sus características innatas
- . Mantener la diversidad genética

#### **2.5.6.6.- PERMACULTURA**

Es un sistema concientemente diseñado que *integra cultivos perennes, animales e infraestructura*. Enfocando esto al sostenimiento propio y permanente de la agricultura.

#### **2.5.6.7.- REGENERATIVA**

Este sistema de agricultura expresa la idea de que la *tecnología agrícola debe fortalecer los procesos naturales y depender de ellos*.

#### **2.5.6.8.- DE RECURSO EFICIENTE**

Este sistema pretende el *uso eficiente de los recursos* (materiales, energéticos y humanos) para asegurar que la *agricultura sea sostenible*.

#### **2.5.6.9.- SOSTENIBLE**

Es un sistema que se refiere al *manejo de los recursos* para asegurar las cambiantes necesidades humanas, mientras se mantiene o realiza la *calidad del ambiente y se conservan los recursos naturales*.



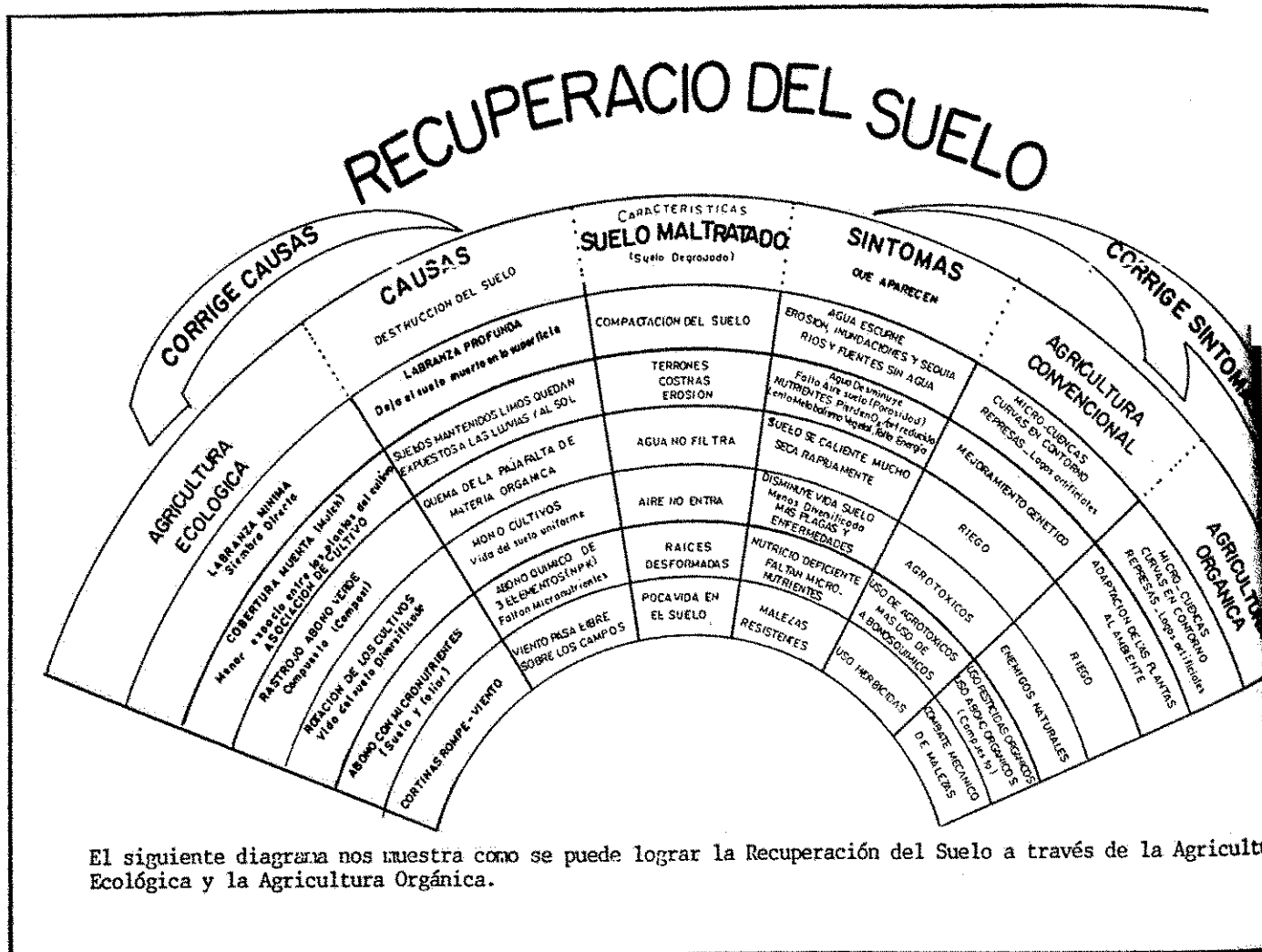
La agricultura sostenible (Harwood, 1990) debe lograr un equilibrio estacionario con el medio globalmente considerado. Este tipo de agricultura, frente a las agriculturas alternativas no renuncia a los beneficios de la agroquímica y la agromecánica, si bien pondera sus efectos y destaca las interrelaciones de todos los componentes del agrosistema, incluyendo al agricultor y su familia y los equilibrios biológicos en el sistema.

#### **2.5.6.10.- TRADICIONAL**

Es un sistema basado en el *conocimiento y prácticas nativas* que han *evolucionado* con el tiempo sin necesidad de *intervenciones* planeadas del exterior.

Las expresiones *agricultura orgánica*, *agricultura biológica* y *agricultura regenerativa*, en algunos casos pueden considerarse *sinónimos* (Lampkin, 1992). En *Europa Continental* se ha extendido más el término "*biológica*", mientras que en los *países anglosajones* se utiliza más el de "*orgánica*".

El siguiente diagrama nos muestra como se puede lograr la Recuperación a través de la Agricultura Ecológica y la Agricultura Orgánica



**2.6.- GENERALIDADES SOBRE AGRICULTURA DE LADERAS**

La Agricultura de Laderas, también denominada *Agricultura Marginal* se practica en tierras con alto porcentaje de pendiente, de difícil acceso y generalmente en suelos poco profundos. Generalmente estas tierras, están habitadas por campesinos de escasos recursos económicos, con una cultura y tradiciones agrícolas muy particulares, son utilizadas para la ganadería extensiva, la producción de alimentos de subsistencia, la agricultura para mercados y la recolección de leña para combustible.

Las tierras de ladera han sufrido altos grados de degradación de suelo; lo que contribuye a crear una situación de baja productividad y alto riesgo para la producción de estas áreas.

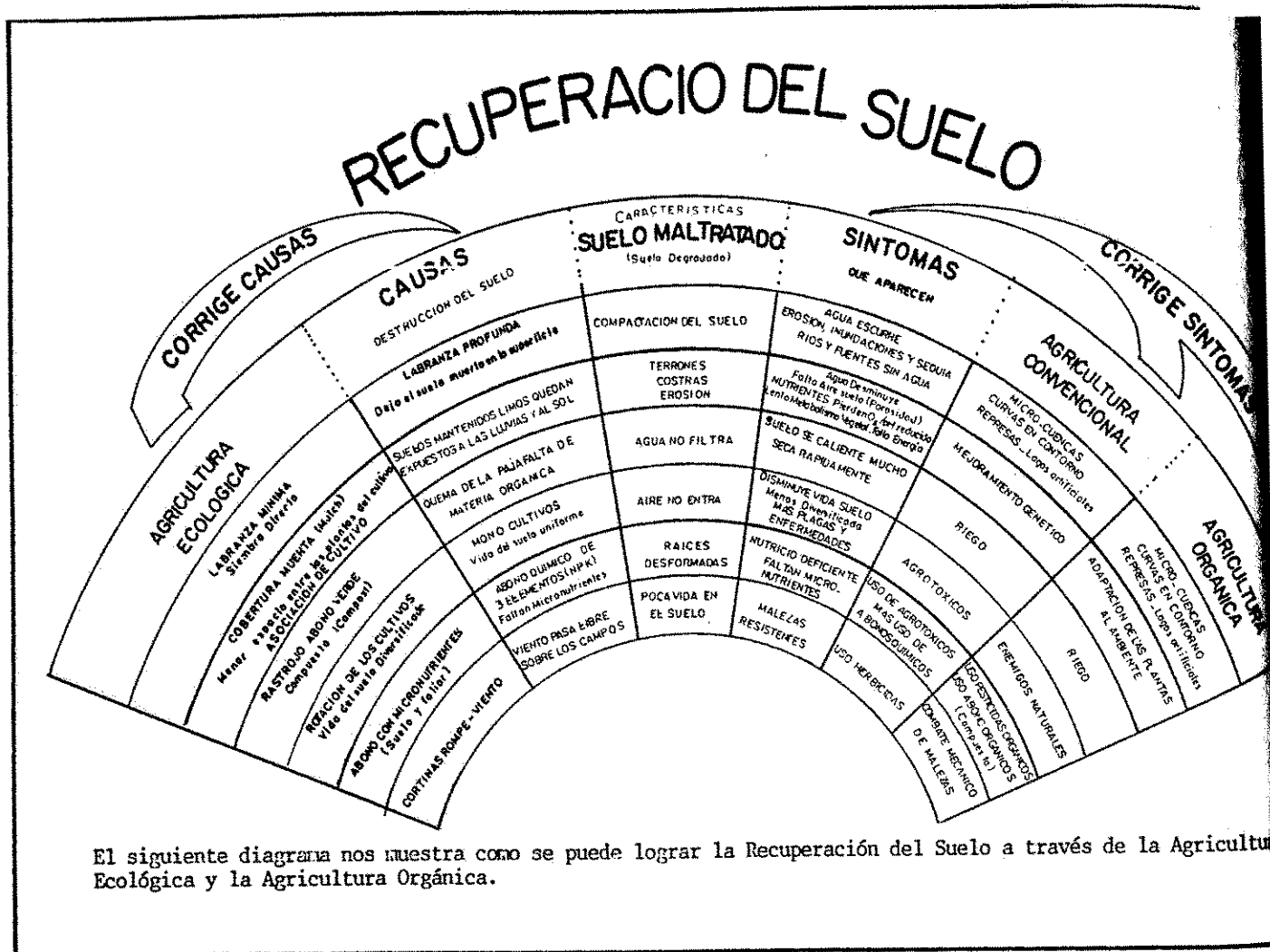
Estas tierras son cada día más presionadas por el avance de la Frontera Agrícola; el uso de estas tierras para hacer agricultura, dada sus limitaciones (biofísicas, de mercado y tecnología) requiere que los agricultores sean innovativos para hacerlas producir con eficiencia, ya que la erosión y la deforestación en las mismas figuran entre los principales problemas que limitan la sostenibilidad de la agricultura.

El cambio tecnológico es una de las vías posibles y necesarias para impulsar una agricultura de laderas sostenible, este tiene límites que es necesario investigar. La tecnología puede contribuir a mejorar la sostenibilidad de la agricultura mediante la aplicación de técnicas de producción compatibles con el ambiente, el uso de tecnologías remediales y sistemas de producción en fincas que combinen árboles, plantas y animales de manera provechosa.

Van Elezaker et. al; (1992) considera que los problemas en el campo social, económico, ambiental y agrotécnico no están aislados uno del otro. Estos interactúan y juntos constituyen la presente crisis en la agricultura en los países en desarrollo; lo cual se acentúa más en la agricultura de laderas, donde el campesino se enfrenta a un sinnúmero de limitaciones para hacer agricultura debido a las características particulares que presentan estas tierras.

Además el enfoque "*desarrollista*" no puede llegar hasta estos agricultores, porque los paquetes tecnológicos generalmente requieren de recursos a los cuales la mayoría de los campesinos de estas zonas no tienen acceso (Hecht, 1991)

El siguiente diagrama nos muestra como se puede lograr la Recuperación a través de la Agricultura Ecológica y la Agricultura Orgánica



2.6.- **GENERALIDADES SOBRE AGRICULTURA DE LADERAS**

La Agricultura de Laderas, también denominada *Agricultura Marginal* se practica en tierras con alto porcentaje de pendiente, de difícil acceso y generalmente en suelos poco profundos. Generalmente estas tierras, están habitadas por campesinos de escasos recursos económicos, con una cultura y tradiciones agrícolas muy particulares, son utilizadas para la ganadería extensiva, la producción de alimentos de subsistencia, la agricultura para mercados y la recolección de leña para combustible.

Las tierras de ladera han sufrido altos grados de degradación de suelo; lo que contribuye a crear una situación de baja productividad y alto riesgo para la producción de estas áreas.

Estas tierras son cada día más presionadas por el avance de la Frontera Agrícola; el uso de estas tierras para hacer agricultura, dada sus limitaciones (biofísicas, de mercado y tecnología) requiere que los agricultores sean innovativos para hacerlas producir con eficiencia, ya que la erosión y la deforestación en las mismas figuran entre los principales problemas que limitan la sostenibilidad de la agricultura.

El cambio tecnológico es una de las vías posibles y necesarias para impulsar una agricultura de laderas sostenible, este tiene límites que es necesario investigar. La tecnología puede contribuir a mejorar la sostenibilidad de la agricultura mediante la aplicación de técnicas de producción compatibles con el ambiente, el uso de tecnologías remediales y sistemas de producción en fincas que combinen árboles, plantas y animales de manera provechosa.

Van Elezaker et. al; (1992) considera que los problemas en el campo social, económico, ambiental y agrotécnico no están aislados uno del otro. Estos interactúan y juntos constituyen la presente crisis en la agricultura en los países en desarrollo; lo cual se acentúa mas en la agricultura de laderas, donde el campesino se enfrenta a un sinnúmero de limitaciones para hacer agricultura debido a las características particulares que presentan estas tierras.

Además el enfoque "*desarrollista*" no puede llegar hasta estos agricultores, porque los paquetes tecnológicos generalmente requieren de recursos a los cuales la mayoría de los campesinos de estas zonas no tienen acceso (Hecht, 1991)

Asimismo, estos paquetes tecnológicos son de riesgoso comportamiento en áreas marginales y tienden a monetarizar aún más la economía de los campesinos, haciéndolos por consiguiente más dependientes del mercado. (Lipton y Longhust, 1995, citado por Alteri, 1991)

Las tierras de ladera del Istmo Centroamericano (Honduras, Guatemala, Nicaragua, El Salvador) ocupan alrededor de 170.000 Km<sup>2</sup> (17 millones de hectáreas); más del 50% de los Bosques se encuentran en estas áreas y más del 60% de la tierra para la agricultura y ganadería se encuentran en zonas montañosas.

Estos datos nos revelan la importancia que tiene la agricultura de laderas en la región y los retos tecnológicos e institucionales que se necesitan para mantener la sostenibilidad agrícola y manejar los recursos naturales y el ambiente.

Los campesinos que habitan estas tierras emplean diversas labores culturales, algunos aran a favor de la pendiente (una de las practicas más erosionantes), otros efectúan aradas transversales, siembran con chuzo o espeque y un grupo muy pequeño hace terracitas y barreras vivas.

La mayor parte de las tierras de ladera se han ido ganando al bosque mediante el sistema "tumba-roza-quema", en el que se tumban los árboles, se limpian sus ramas y los arbustos pequeños y finalmente se quema el resto. Los principales agentes de la tumba y quema han sido los campesinos sin tierra, los propietarios (ganaderos y cafetaleros) y los concesionarios del gobierno (compañías trasnacionales, por ejemplo las compañías madereras).

La agricultura y la ganadería en estas tierras encara una crisis creciente como resultado de la deforestación, la pérdida de la biodiversidad, el deterioro de los suelos y la contaminación de las aguas; debido al rápido crecimiento de la población, al estilo insostenible de desarrollo y al uso de tecnología inapropiada.

La deforestación de laderas, la erosión de los suelos y la sedimentación de las cuencas han sido el resultado de la actividad maderera irracional, de la expansión de la ganadería extensiva y de la economía de subsistencia, en las mismas.

La expansión de la agricultura campesina de subsistencia hacia las laderas es el resultado de la mano de obra no calificada con respecto a las de las tierras que los campesinos controlaban en los valles o zonas bajas; los que empujados por la pobreza y la presión demográfica han venido desforestando y expandiendo una agricultura de laderas no sostenible. También han influido otros factores como son el acceso a la tierra y la precariedad de su tenencia, los mercados de tierra poco desarrollados y la inexistencia de mercados para financiar sus compras.

Las prácticas agropecuarias que se adoptan en las tierras desforestadas, algunas de ellas han contribuido aún mas a la erosión de los suelos y al consecuente acarreo de sedimentos hacia las cuencas.

Entre los factores que han inducido a la adopción de esas prácticas, cabe destacar la precariedad en la propiedad y arrendamiento de la tierra, el desconocimiento de prácticas agropecuarias para laderas, la falta de supervisión gubernamental de las actividades forestales y las tasas de preferencia en el tiempo relativamente altas de los campesinos pobres.

La escasa supervisión de la actividad forestal, ha posibilitado la tala irracional de los bosques. Existe una tendencia a cortar más árboles que los necesarios debido al bajo costo de los mismos.

Una de las principales causas de la erosión y la deforestación es la ganadería extensiva. Muchas veces las pérdidas de suelo en las áreas con pasto es mayor que en las tierras cultivadas (Young, 1989). El sobrepastoreo y la compactación de las tierras causada por el ganado dejan una cubierta vegetal mínima y a los suelos susceptibles a ser erosionados.

La ganadería extensiva en áreas planas tiende a desplazar los cultivos anuales hacia áreas de laderas, provocando de esa forma la degradación de los suelos en las laderas.

La creciente expansión de la ganadería extensiva en relación con otros cultivos (por ejemplo Café) se explica en gran medida; porque la tierra y los bosques de laderas han sido percibidos como recursos relativos abundantes.

**2.6.1.- LA AGRICULTURA EN AREAS MARGINALES EN NICARAGUA**

La degradación ecológica es un fenómeno generalizado en nuestro país, pero con mayor relevancia en las tierras de ladera con ecosistemas frágiles.

En Nicaragua el área donde se práctica la agricultura de ladera es extensa. Posner et. al, (1984) afirma que las zonas montañosas y tierras altas representan el 75% del total del área del país (105,800 Km<sup>2</sup>)

Como resultado de la modificación de los patrones de uso del suelo, en nuestro país se incrementó la agricultura marginal; integrada por minifundistas y precaristas, sobre todo en ecosistemas frágiles.

El 70% del área bajo cultivos agrícolas esta ubicado en laderas. Como consecuencia directa de la modernización productiva de la actividad cafetalera se desarticuló el complejo minifundio-latifundio, y con el desaparecieron las formas tradicionales de vinculación de la mano de obra (mozo, colono) y los peones permanentes fueron sustituidos por los obreros agrícolas temporales.

El auge ganadero de la década de los 60 amplió vertiginosamente el área bajo pastos sobre la base de destruir anualmente hectáreas de bosques naturales. El dinamismo de la exportación ganadera se centró en el monopolio de las empresas empacadoras vinculadas directamente al mercado norteamericano. Los pequeños y medianos ganaderos correrían con los costos y riesgos de la crianza y a los grandes propietarios les quedaría reservada la actividad de repasto previa al empaque.

El campesino de áreas marginales y el pionero de frontera agrícola son el principal resultado de este proceso concentrador y excluyente de nuestra economía.

Estos agricultores de subsistencia tienen su origen en la masa flotante de campesinos desplazados por los rubros de exportación, que desplazados de sus tierras y sin oportunidades de empleo iniciaron procesos de colonización inducidos y espontáneos convirtiendo las zonas marginales y de frontera agrícola en su "refugio natural".

En ese mismo período, la demanda de tierra para la agricultura comercial de exportación fue en aumento y este fenómeno aceleró el proceso de migración campesina hacia las zonas de frontera agrícola.



Como consecuencia de lo antes expuesto se establecieron nuevos patrones de uso del suelo, proliferando las fincas en las zonas montañosas, en las márgenes de los ríos y en las principales cuencas; descansando sobre la existencia de extensas áreas boscosas del trópico húmedo y en la apropiación desordenada del territorio y de los recursos naturales.

Es reconocido el impacto ambiental y ecológico de la agricultura marginal y de la frontera agrícola y del sistema de tumba-roza-quema en suelos no aptos para cultivos agrícolas; pero no siempre se logra reconocer el entorno socio-económico y los factores casuales que posibilitan su persistencia.

Desde el punto de vista de su lógica general, la apertura de la frontera agrícola responde al mismo esquema de desarrollo económico bipolar, que para fortalecer el sector agroexportador y ampliar la ganadería, necesita de la economía de subsistencia que provee mano de obra estacional, alimentos baratos y convierte los bosques en pastos.

La *agricultura marginal "atrasada y tradicional"* presenta como *"ventaja comparativa"* su capacidad de *proveer alimentos y fuerza de trabajo baratos* (por su propia cuenta, sin salario ni financiamiento), y es además *capaz de reproducirse a sí misma a costa de los recursos naturales* por lo que el sistema de roza-tumba-quema bajo este esquema es "rentable".

Aproximadamente el *60% de los productores en nuestro país se podrían caracterizar como marginales*. Aunque los productores de este grupo se encuentran dispersos en todo el país, los productores marginales están concentrados en la franja semiárida que corre de norte a sur en el país. A este grupo hay que agregar el importante contingente de agricultores migratorios ubicados en importantes ecosistemas frágiles de la vertiente Atlántica, particularmente en suelos de vocación forestal en zonas de trópico húmedo y semihúmedo.

Las áreas nuevas de colonización hoy en día se extienden particularmente en la región Atlántica del país. Se estima que en la frontera agrícola actualmente se encuentran alrededor de 30,000 campesinos. Este grupo de agricultores mediante el sistema tumba-roza-quema anualmente destruyen más de 150,000 hectáreas de bosques (según cálculos conservadores).

Los siguientes cuadros muestran diferentes aspectos de la Agricultura de Ladera en nuestro país

**AREAS Y PORCENTAJE DE AGRICULTURA DE LADERA**  
(Citado por la FAO, 1989)

	AREA (Km2)	%
Cultivos Anuales	1,095	63
Cultivos Permanentes	173	90
Pastos	5,300	59
TOTAL DE AGRICULTURA	6,568	60
Bosques	3,600	16
Agricultura + Bosque	10,168	45
No Agrícolas	1,707	25
TOTAL DE TIERRA	11,175	42

**PORCENTAJE DEL AREA DE CADA CULTIVO REALIZADO EN LADERAS**  
(Tomado de IICA, 1993)

CULTIVO	PORCENTAJE
MAIZ	80
ARROZ	10
SORGO	25
FRIJOL	95
PASTOS	59
CAFE	80
GANADO DOBLE PROPOSITO	60

DINAMICA DE LA DEFORESTACION Y LA AGRICULTURA DE LADERA  
(Tomado de IICA, 1993)

<i>Area ganada con deforestación (%)</i>	
Antes 1950	23
1950 - 1980	70
1980 - 1990	7
<i>Superficie desforestada con tumba y quema (%)</i>	
1980 - 1990	70
<i>Principales agentes de la tumba y quema</i>	
Campeños sin tierra	1
Propietarios	2
<i>Origen de los agentes (%)</i>	
Propia Localidad	90
Inmigración	10

CULTIVOS Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LADERAS  
(Tomado de IICA, 1993)

<i>Cultivo en Ladera (Orden de Importancia)</i>	
Ganadería Extensiva	2
Alimentos para Subsistencia	1
Agricultura para mercados	4
Leña	3
<i>Prácticas Agrícolas en Laderas (Importancia en %)</i>	
Arada en pendiente	25
Arada Transversal	20
Terracitas/Barreras Vivas	5
Siembra con chuzo o espeque	50

**2.6.2.- PATRONES DE CRECIMIENTO AGRICOLA**

Para que la agricultura de laderas sea sostenible es necesario combinar nuevos patrones de cultivos con nuevas prácticas agrícolas.

A continuación definiremos el término *Patrón de Crecimiento Agrícola (PAC)*:

Es un *flujo organizado de actividades en la agricultura* a través del *tiempo* que *caracteriza las tendencias de desarrollo* en la *agricultura marginal*.

Cada PAC esta caracterizado por un específico manejo de suelo, combinación y manejo de cultivos, uso de insumos, etc. Estos PAC representan conexiones entre lo económico, lo socio-cultural, lo tecnológico y lo ecológico, sin embargo están fuertemente asociados a tres variables que son:

- . Organización de la fuerza de trabajo, del tiempo y del espacio de la finca
- . Variable dependencia del mercado
- . Dependencia de tecnología externa, la cual normalmente ha sido basada en insumos (insecticidas, herbicidas etc)

Los PAC pueden seguir dos tendencias fundamentales de crecimiento que son las siguientes:

***DESARROLLO ENDOGENO***

Se basa en los recursos y fuerzas provenientes de la misma finca. Presentan ecosistemas más complejos y con alto índice de conversión de energía solar en energía útil, presentan bajos índices de huellas de erosión por unidad de área

***DESARROLLO EXOGENO***

Se basa en el uso intensivo de insumos provenientes del exterior de la finca. Presenta ecosistemas menos complejos, bajo índice de conversión de energía y mayor número de huellas de erosión. Son mas sostenibles que los PAC que se basan en insumos externos

A continuación se presentan algunas características de algunos PAC:

### ***PAC TRADICIONAL***

Es una forma de agricultura basada en el conocimiento del agricultor y de su núcleo familiar y representa la forma más antigua de hacer agricultura. Es una agricultura de baja productividad. Su estrategia de producción se basa en practicar una agricultura de autoconsumo, combinada con la artesanía y la venta de fuerza de trabajo excedente

### ***PCA ENDOGENO O CONSERVACIONISTA***

Se caracteriza por una agricultura de bajo uso de insumos externos, compleja por su número y arreglo de los cultivos, poca intensidad de capital pero intensa en conocimiento, información y en mano de obra. Los riesgos que se asumen son bajos, su productividad puede ser alta. Es un patrón que su tendencia de desarrollo se basa en la conservación de suelos y agua, presenta una tendencia de cambios e innovaciones rápidas y continua

### ***PCA EXOGENO O MODERNO***

Se caracteriza por un alto uso de insumos externos e intensidad de capital, requiere poco conocimiento o pericia del agricultor. Es de altos riesgos y de alta productividad. Es un patrón que su estrategia productiva se basa fundamentalmente en el uso de insumos químicos y compra de fuerza de trabajo para conseguir mejores rendimientos

## **CAPITULO III**

### **CLASIFICACION DE TIERRAS DE INTERES EN LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

**3.1.- GENERALIDADES**

Es muy conocido el hecho de la existencia de una diversidad de suelos que podemos diferenciar fácilmente por los contrastes de sus características externas de relieve, color, superficie y textura.

Es muy notoria la diferencia entre los suelos de una montaña escarpada y los suelos de un valle de relieve plano; así como también podemos diferenciar los suelos pardos de los grises, amarillos, rojos y negros. También son fácilmente apreciables las diferencias entre los suelos arenosos, francos y arcillosos.

Por experiencia se ha comprobado que hay suelos que a simple vista se consideran similares por tener el mismo relieve, el mismo color y la misma textura; pero después de un estudio de sus características internas se les encuentran diferencias considerables de profundidad, textura del subsuelo, drenaje, tabla de agua, gravas, piedras, sales y alcalis.

Los suelos diferentes tanto por sus características externas como internas tienen diferentes adaptabilidades a usos específicos. Por estas diferencias en adaptabilidad hay que considerar si son apropiados para cultivos anuales sin riesgos de deterioro por la acción erosiva; o si es mejor usarlos en cultivos permanentes pastos, bosques o para protección de la vida silvestre.

Desde el punto de vista de la conservación de suelos, es necesario tener información sobre el uso actual del suelo, ya que esto permitirá en conjunto con otros conocimientos edafológicos, proyectar las medidas necesarias para aprovecharlo mejor.

El buen manejo del suelo constituye el primer paso y el más importante, para la conservación de suelos en las tierras agrícolas. Ello conlleva a que solo deben dedicarse al cultivo las tierras que puedan manejarse adecuadamente. Por eso, un estudio detallado de la aptitud de las tierras es fundamental para decidir que tierras agrícolas actualmente cultivadas han de desecharse; que tierras actualmente cultivadas para otros fines pueden convertirse en tierras arables y que medidas de conservación de suelos habrán de aplicarse en todas las tierras cultivadas.

Los *trabajos de conservación de suelos* constituyen el principal elemento que hace posible el *mejor aprovechamiento de la tierra*.

\*Por eso, antes de efectuar trabajos de conservación de Suelos y Agua, es *necesario realizar una planeación para el buen manejo de los suelos*, lo cual consiste en conocer la circunstancias de utilización actual, los factores que normalmente restringen su uso y la clasificación de acuerdo con su aptitud productiva y uso potencial.

### 3.2.- *USO POTENCIAL DE LA TIERRA*

#### 3.2.1.- *OBJETIVO*

El objetivo del Uso Potencial de la Tierra es *determinar la utilización más apropiada* a que pueden ser sometidos los *suelos, dentro de cada medio ambiente*, para lograr una *explotación continua* y económicamente *rentable* con el *mínimo deterioro* de los suelos.

#### 3.2.2.- *FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO POTENCIAL*

El Uso Potencial se determina mediante el *análisis* de las *características edáficas y climáticas de una región o de un país*. La confiabilidad dependerá del nivel de estudio edafológico y de la veracidad de la información climatológica analizada.

Los factores que influyen en la determinación del Uso Potencial de la Tierra son:

##### 3.2.2.1.- *FACTORES EDAFICOS*

Se refieren a las *características morfológicas internas y externas de los suelos*, que influyen en la capacidad de uso y productividad de las tierras.

Las características más importantes a considerarse en la evaluación del uso potencial de la tierra son:

- . Profundidad efectiva
- . Relación Textura-Estructura
- . Material Originario
- . Drenaje Interno
- . Fertilidad (pH ; CIC, % de Al, Fe, etc.)
- . Salinidad (conductividad) y alcalinidad (PSI)
- . Erosión (Hídrica y/o Eólica)
- . Pedregosidad (Interna y/o externa)



## 3.2.2.2.- FACTORES CLIMATICOS

Se refieren a la *influencia directa de los elementos climáticos* que independientemente de los otros factores, *favorecen o limitan el desarrollo de la vida vegetal o animal*, siendo los más importantes a considerar, los siguientes:

- Precipitación (cantidad, y distribución mensual y anual de la lluvia)
- Temperatura (máximas, mínimas y promedios mensuales y anuales)
- Luminosidad (cantidad de horas luz, mensuales y anuales).
- Radiación solar (cantidad de energía solar, mensual y anual.
- Nubosidad (época y frecuencia)
- Neblinas (época y frecuencia)
- Vientos (dirección, velocidad y frecuencia)

Para una mejor utilización de los datos climáticos que constituyen el comportamiento ambiental o ecológico, se recomienda utilizar un Sistema conocido de Clasificación Climática.

De acuerdo a experiencias obtenidas en nuestro país y resto de Centroamérica, se considera que el sistema de *Clasificación Mundial de Zonas de Vida de L.R. HOLDRIDGE*, es el más apropiado para ser utilizado en las *condiciones de nuestro medio*.

## 3.2.2.3.- FACTORES TOPOGRAFICOS

Se consideran un factor muy *importante* porque *influye* directamente en el *manejo y conservación de los suelos*, ya que aumentan o disminuyen los riesgos de erosión, los costos de productos y transporte.

Los aspectos más importantes a considerar en el factor topográfico son:

· *Posición Topográfica*

Esta condición determina en alto grado la presencia o ausencia de humedad en el suelo, según se encuentre en: depresiones, terrazas, plano de inundación, lomerios etc

**Pendiente**

Regula parcialmente el escurrimiento superficial y es determinante en la conservación de suelos

**Microrelieve**

Condición que regula el uso de maquinaria agrícola

**3.2.3.- NIVELES DE CLASIFICACION**

Hemos puntualizado que el *Uso Potencial de la Tierra* se *determina en función de los factores Topográficos, Edáficos y Climáticos* y que para ello es necesario tener como base un levantamiento edafológico y un sistema de clasificación climáticos o mejor bioclimática. Por lo tanto, al tratar de definir el uso potencial de la tierra se debe considerar el nivel de levantamiento de suelos del que se disponga y la precisión estará acorde a la calidad del mismo.

**3.2.3.1.- CATEGORIAS DE UTILIZACION**

Es el nivel más amplio del sistema, se refiere a la *utilización más general a que puede ser sometida la tierra*. Se debe de usar en regiones sin desarrollo o escasamente desarrolladas y el *levantamiento básico de suelos* debe ser de nivel *Exploratorio*.

Las categorías de utilización de la tierra son:

**3.2.3.1.1.- Categoría de Tierras Agrícolas**

Esta categoría incluye tierras que presentan condiciones edáfica y climáticas apropiadas para el desarrollo de muchos o algunos cultivos (anuales y/o semiperennes y/o perennes) con producciones sostenidas o económicamente rentables, en pendientes de 0-30%.

**3.2.3.1.2.- Categoría de Tierras Ganaderas**

Incluye tierras que por limitaciones edáficas (profundidad, textura, piedras, drenaje, sales o alcalis etc.) o por limitaciones climáticas (poca o mucha precipitación) o limitaciones topográficas (pendientes de 15-50%) solo son apropiadas para ganadería.

**3.2.3.1.3.- Categoría de Tierras Forestales**

Incluye tierras que por limitaciones edáficas y/o climáticas y/o topográficas (pendientes mayores de 50%) solamente son apropiadas para uso forestal (explotación, protección contra la erosión y/o cuencas hidrográficas).

**3.2.3.2.- CLASES DE UTILIZACION**

Corresponden al segundo orden dentro del nivel jerárquico de clasificación y comprende una *subdivisión de las categoría de utilización*, esto se realiza con el fin de *establecer un uso potencial de la tierra más adecuado* y el *levantamiento básico de suelo* debe ser a nivel de *Reconocimiento*.

Las clases de utilización se dividen dentro de cada categoría de la siguiente forma:

**3.2.3.2.1.- AGRICOLA****3.2.3.2.1.1.- Cultivos Anuales**

Esta clase debe de incluir tierras con características apropiadas para los cultivos potencialmente adaptables y el límite de pendiente no debe ser mayor del 15%.

**3.2.3.2.1.2.- Cultivos Semiperennes**

Esta clase comprende tierras que por limitaciones edáfica y/o climáticas solamente son apropiadas para cultivos semiperennes, siendo el límite de pendiente hasta 25%.

**3.2.3.2.1.3.- Cultivos Perennes**

Comprende tierras que por limitaciones edáficas y/o climáticas, solamente son apropiadas para el uso de cultivos perennes, siendo el límite de pendiente hasta 50%.

3.2.3.2.2.- **GANADERA**3.2.3.2.2.1.- **Ganadería de Desarrollo**

Se refiere a aquellas tierras que presentan limitaciones climáticas de tipo monzónico (estación seca prolongada de 6-7 meses) en las cuales solamente puede pastar el ganado durante la época lluviosa (5-6 meses).

3.2.3.2.2.2.- **Ganadería de Engorde**

Comprende tierras que no presentan limitaciones de tipo monzónico o tierras que por condiciones de drenaje permiten el desarrollo de pastizales de humedad, por lo que el ganado puede pastar gran parte del año.

3.2.3.2.3.- **FORESTAL**3.2.3.2.3.1.- **Bosques de Latifoliadas**

Comprende tierras apropiadas para este tipo de bosque y dependiendo de las condiciones climáticas se pueden adaptar especies adecuadas para cada región.

3.2.3.2.3.2.- **Bosques de Coníferas**

Comprende tierras que por limitaciones edáficas y/o climáticas, solamente son apropiadas para el desarrollo de pinares.

3.2.3.2.3.3.- **Bosques de Pantano**

Comprenden tierras que por severas limitaciones de saturación de agua, solamente son apropiadas para especies de régimen hidrofítico.

3.2.3.3.- **TIPOS DE UTILIZACION**

Comprende una *subdivisión de las clases de utilización*, de esta forma se obtiene el *uso más apropiado de la tierra dentro de cada clase*.

Este orden de clasificación es el más apropiado para *estudios* a niveles de *Semidetalle* y *Detalle*, dependiendo de los objetivos establecidos.

En el caso de la *categoría agrícola*, los tipos de utilización corresponden a la *zonificación potencial de los cultivos*.

Los tipos de utilización de la categoría agrícola son los siguientes:

. *Cultivos Anuales*

El o los cultivos más apropiados dentro de la clase de acuerdo a condiciones edáficas, climáticas y topográficas. Por ejemplo: maíz, arroz, algodón, frijoles, etc

. *Cultivos Semiperennes*

El o los cultivos más apropiados de acuerdo a condiciones edáficas, climáticas y topográficas. Por ejemplo: caña de azúcar, piña, banano etc

. *Cultivos Perennes*

El o los cultivos más apropiados de acuerdo a condiciones edáficas, climáticas y topográficas. Por ejemplo: cítricos, frutales, palma africana, cacao, café etc

En el caso de la *categoría ganadera*, la subdivisión consiste en la *intensidad de uso dentro de cada tipo de explotación* de acuerdo a limitaciones edáficas, climáticas, topográficas o combinaciones.

En el caso de la categoría de Ganadería de Desarrollo, Engorde y Lechería, los tipos de utilización son los siguientes:

. *Intensiva*

Este tipo de explotación se puede realizar en tierras con condiciones edáficas y climáticas favorables, con pendientes no mayores de 15%; se puede introducir una alta capacidad de carga animal por área y los riesgos de erosión serán bajos

### *Extensiva*

Esta explotación se puede realizar en tierras con limitaciones edáficas y/o climáticas, con pendientes de 0-30%; se puede introducir una baja capacidad de carga animal por área y existirán moderados riesgos de erosión

### *Muy Extensiva*

En tierras con fuertes limitaciones edáficas y/o climáticas pendientes de 0-50% se puede establecer esta forma de explotación; la capacidad de carga animal por área debe ser baja y existirán altos riesgos de erosión

Las clases de utilización de la *categoría forestal* se subdividen en función del *aprovechamiento más apropiado del recurso* de acuerdo a limitaciones edáficas, climáticas o topográficas.

Los tipos de utilización de la tierra en la forestal son los siguientes:

### *Producción*

Este tipo de aprovechamiento se puede realizar en tierras que presenten condiciones edafo-climáticas apropiadas para ello, con pendientes de 0-50%

### *Producción-Protección*

Esta forma de aprovechamiento se puede implementar en tierras que presentan limitaciones edáficas y/o de topografía accidentada, con pendientes de 50-75%, en las cuales la explotación comercial de las especies está restringido

### *Protección*

En las tierras que presenten severas limitaciones edáficas y/o topográficas muy accidentadas, con pendientes mayores de 75% se puede establecer esta forma de aprovechamiento

En estas condiciones es preciso mantener la masa forestal o reforestar para proteger el suelo, las cuencas hidrográficas o proteger la vida silvestre.

En el caso de los Bosque de Pantano que comprende la utilización potencial de algunas especies de régimen hidrofítico, estos se dividen en función del tipo de agua (dulce, salobrega, salada) en el cual se desarrollen las especies. Asimismo se pueden subdividir de acuerdo a su aprovechamiento en Producción y Protección de la vida silvestre acuática y semiacuática.

#### 3.2.3.4.- *SISTEMAS DE UTILIZACION*

Es el nivel más detallado del sistema y comprende aspectos específicos de manejo dentro de cada tipo de utilización, como por ejemplo:

- . Selección de variedades
- . Niveles de fertilización
- . Enmiendas de encalado
- . Control fitosanitario
- . Uso de abonos verdes
- . Sistemas de conservación de suelos
- . Complemento de agua con riego
- . Recuperación de tierras mal drenadas o salinas y alcalinas
- . Selección de razas de ganado para engorde o lechería
- . Alimentación complementaria balanceada
- . Subdivisión adecuada de potrero
- . Implantación de pastos mejorados de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas
- . Inventarios forestales
- . Reforestación con especies económicas de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas
- . Otros

### 3.3.- CLASIFICACION POR CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

#### 3.3.1.- GENERALIDADES

El *modo* en que se *utiliza la tierra* tiene *gran influencia* sobre la *productividad y la erosión del suelo*, generalmente es el punto de partida del desarrollo de un sistema de ordenamiento de los cultivos para que una tierra determinada de una producción considerable y este protegida contra la erosión.

El procedimiento básico del trabajo de planificación de la conservación a nivel regional es llevar a cabo cierta forma de evaluación y clasificación de la tierra, seleccionar un sistema de uso de la tierra adecuada y cuando sea necesario diseñar medidas de conservación.

La *técnica de evaluación de la tierra* que se utiliza comúnmente en la *planificación para la conservación del suelo* es la *Clasificación de la Capacidad de Uso del Suelo*.

El sistema utilizado en muchos países esta adaptado a la clasificación desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, en los años 50-60.

Este sistema (Klingebiel y Montgomery, 1962) fue diseñado para usarse en fincas que participaban en programas de conservación de suelos en el Este y Centro de Estados Unidos, en zonas de clima templado y de moderada precipitación (húmedas). Las fincas a ser clasificadas (voluntariamente) se ubicaban en tierras generalmente adecuadas para la agricultura intensiva y su clasificación fue hecha, previo a la clasificación del uso dentro de la finca misma para hacer coincidir el uso actual con la capacidad de uso, así se eliminaba la necesidad de costosas obras de ingeniería para conservar los suelos y aumentar la productividad en general.



Dicho sistema de clasificación fue transferido a los países de Latinoamérica por estudiantes graduados en Agronomía y luego por asesores americanos en suelos.

Esta clasificación es conocida también con el nombre de "*La Americana de las Ocho Clases*" y en ninguna de estas clases se reconoce la producción forestal como una opción de uso exclusiva.

Este sistema de clasificación de tierras no fue diseñado para clasificar tierras vírgenes, tierras a mediana y pequeña escala, ecosistemas fuera de la región templada húmeda.

Por falta de otras alternativas en aquellos tiempos y por la ausencia de tradición forestal, su aceptación en Latinoamérica fue general, siendo aplicado para clasificar grandes áreas a nivel de reconocimiento de suelos. Esta aceptación, más la doctrinación de generaciones de agrónomos en el uso de éste, ha creado dificultades para su reemplazo por sistemas autóctonos más adaptados a las condiciones del trópico y a culturas agrícolas radicalmente distintas a la norteamericana.

### **3.3.2.- DEFINICION**

A continuación se presentan algunas definiciones del término Clasificación por Capacidad de Uso de la Tierra:

Es una *clasificación interpretativa* basada en la interacción de factores, que consiste en el *ordenamiento de los suelos en grupos o clases de capacidad* tomando en cuenta su potencialidad y aptitud para explotaciones agropecuarias o forestales, limitaciones, susceptibilidad a degradación o destrucción y considerando las exigencias o requerimientos de manejo y conservación para producir en forma racional durante un tiempo relativamente largo. En esta clasificación *no se incluyen aspectos económicos*

Es el *uso más intensivo que pueda sostener una unidad de tierra* con definidas cualidades físicas y biológicas dentro de un sistema socio-cultural determinado.

Consiste en definir para una parcela de terreno el grado de intensidad de su uso en base a la información de las limitaciones del terreno para producir en forma sostenida cultivos, pastos y bosques sin deterioro del suelo y por periodos prolongados de tiempo. Además permite hacer predicciones sobre el comportamiento de los suelos basado en su potencialidad, así como los tratamientos de conservación que deben ser implementados

### 3.3.3.- OBJETIVO

La clasificación por capacidad de uso fue creada para *limitar el uso de la tierra a su capacidad productiva*, para tal efecto se han determinado márgenes apropiados de seguridad en uso y manejo para contener la acción destructiva del agua y el viento.

El objetivo fundamental de la clasificación por capacidad de uso es *servir de guía a la planificación nacional*, para que en base a una *explotación agrícola diversificada obtener una producción continua con rendimientos óptimos*.

Este sistema de clasificación permite determinar:

- . El uso racional de la tierra
- . La conservación de los recursos naturales renovables
- . Aumentar la productividad de la tierra
- . La zonificación de cultivos
- . La urbanización
- . La valoración técnica de la tierra
- . La planificación agropecuaria

Asimismo este sistema de clasificación permite orientar:

- . La factibilidad de riego y drenaje
- . La recuperación de tierras degradadas

Este sistema de clasificación tiene como *finalidad ubicar los elementos de juicio necesarios para dedicar los diferentes terrenos al uso adecuado*, según su aptitud en particular y de este modo, programar el *aprovechamiento óptimo* de este recurso.

Para lograr este objetivo, es necesario considerar los factores que restringen o limitan el uso que puede dársele a un terreno, al agruparlos en diferentes clases de acuerdo con la magnitud de las restricciones que los caracterizan.

Sin embargo, los suelos de una misma clase no necesariamente están afectados por los mismos factores, o sea que terrenos en una misma categoría de clasificación pueden requerir practicas de manejo y conservación diferentes, dependiendo del factor o factores que intervengan en su clasificación.

La información que más comúnmente se utiliza para clasificar las tierras según este criterio son las siguientes:

. ***Características Externas***

Pendiente, grado de erosión, inundaciones, piedras o gravas y clima

. ***Características Internas***

Profundidad, textura, drenaje, fertilidad, salinidad o alcalinidad

**3.3.4.- METODOLOGIA**

Esta clasificación se efectúa mediante la *recopilación, ordenamiento y síntesis de las características del suelo y del clima*.

Para la recopilación de las *características del suelo* el técnico necesita contar con *fotografías aéreas* del área que desee levantar.

Mediante el uso de estas fotografías vistas con el esteroscopio se pueden *apreciar el relieve del terreno y separar unidades de pendientes*.

El técnico debe efectuar una delineación preliminar de unidades diferentes de relieve, posición topográfica, tipo de vegetación natural predominante, grado de erosión y diferencias de tonalidades contrastantes.

Mediante el estudio preliminar de las fotografías aéreas, de mapas topográficos, geológicos y climáticos, el clasificador de suelo tendrá una buena orientación para poder realizar su levantamiento de campo.

Con esta información el técnico puede conocer de previo el recorrido a efectuar, los puntos de referencia para orientación y ubicación del lugar representativo de cada unidad a levantar. De este modo los suelos se podrán estudiar sistemáticamente en los sitios representativos mediante el uso del barrenó y observaciones de cortes de caminos y calicatas.

En cada observación se determinarán las características de cada uno de los horizontes del suelo (espesor, color, textura, estructura, consistencia, porosidad, contenido de raíces, reacción del ácido clorhídrico y pH).

También se deben considerar las características externas del suelo como: relieve, pendiente, erosión y cubierta vegetal tanto nativa como cultivada.

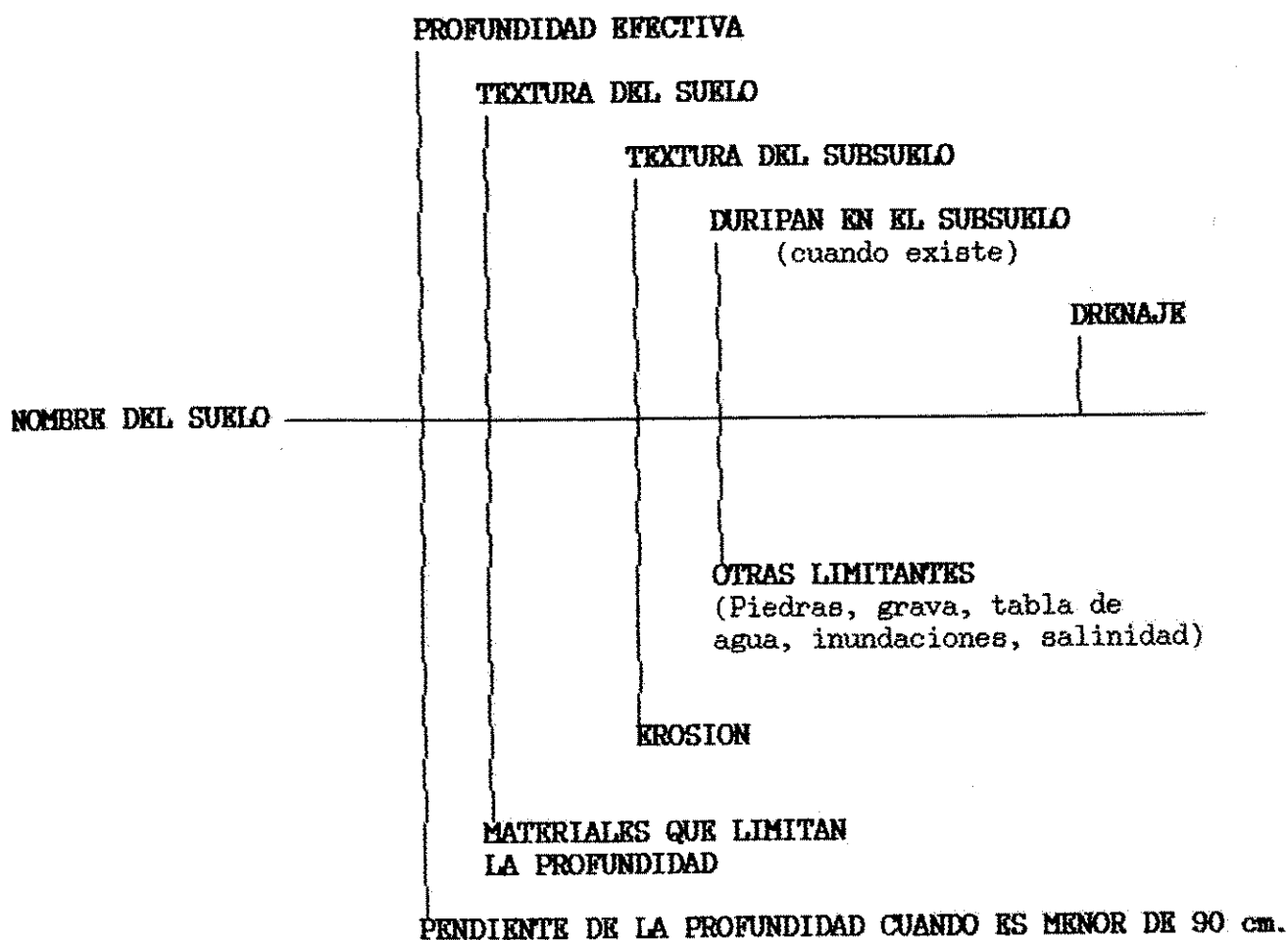
Para terminar el levantamiento se deben tomar muestras de suelos y llevarlas al laboratorio para que le realicen análisis químicos que nos permitan determinar la fertilidad del suelo como también su textura.

Efectuado el levantamiento de campo es preciso ordenar las características de los diferentes suelos estudiados.

Debido a que no existen dos suelos iguales resultaría impráctico separar los suelos por todas sus diferencias en relación a sus características. Por consiguiente las diferentes características de los suelos se deben clasificar aceptando un rango de variabilidad que no modifique significativamente la productividad de estos.

Finalmente hay que expresar la clasificación de las características del suelo determinando los rangos de variabilidad aceptable a cada característica.

Una vez clasificadas las características del suelo, es necesario representar en un mapa los diferentes suelos expresando ordenadamente el nombre del suelo y las características internas y externas del mismo, para ello se elaborará un quebrado que debe contemplar la siguiente información:



### 3.3.5.- NIVELES DE CLASIFICACION

Este sistema de clasificación contempla tres categorías de clasificación que van de lo más general a lo más específico.

Estas categorías de clasificación son las siguientes:

#### 3.3.5.1.- CLASES DE CAPACIDAD DE USO

A las clases de capacidad de uso también se les denomina *Grupos de Capacidad o Clases Agrológicas*; constituyen el fundamento de la clasificación de las otras categorías de este sistema de clasificación de la tierra.

Son *grupos de unidades de suelos que presentan el mismo grado relativo de riesgos o limitaciones*. Mediante ellas se obtiene una *información de carácter general sobre los problemas que presentan los suelos para el desarrollo agropecuario*.

Cada clase de capacidad sintetiza las características del suelo, del clima y sus limitaciones o restricciones permanentes.

Existen *8 grupos de capacidad* que expresan el incremento de las limitaciones. Cada clase se expresa con un número romano del I al VIII para especificar el grado o magnitud de limitaciones de los suelos; por ejemplo la *clase I no tiene limitaciones y la clase VIII tiene el máximo de limitaciones*.

Estas clases excepto la I, pueden estar determinadas por una o varias limitaciones. De acuerdo al incremento de las limitaciones se puede determinar la intensidad y alternabilidad de uso, las cuales disminuyen al aumentar las limitaciones.

Las características limitantes consideradas para determinar las clases de capacidad son las siguientes:

- . Profundidad efectiva
- . Textura del suelo y subsuelo
- . Drenaje
- . Tabla de agua
- . Inundaciones
- . Erosión
- . Gravas, piedras, duripanes
- . Sales y Alcalis

La magnitud o grado de limitación que determine una clase, determinará la intensidad de las prácticas necesarias para el manejo del suelo, para que pueda ser usado permanentemente sin sufrir deterioro.

### **3.3.5.1.1.- SUELOS APTOS PARA CULTIVOS**

Dentro de esta categoría se ubican los suelos que por la magnitud de sus limitaciones pueden ser trabajados anualmente con maquinaria agrícola y producir económica y permanentemente mediante el uso de las prácticas conservacionistas específicas a las condiciones del suelo.

Se consideran suelos aptos para cultivos los que *poseen relieve moderado, profundo, textura de media a moderadamente pesada, sin excesos de pedregosidad y sin cárcavas profundas que impidan el uso de la maquinaria.*

Los suelos aptos para cultivos se ubican en las *Clases de Capacidad de Uso I, II, III, IV.*

### **3.3.5.1.2.- SUELOS NO APTOS PARA CULTIVOS**

Estos suelos tienen tal magnitud en sus limitaciones que es imposible usar la maquinaria para realizar las labores agrícolas o las prácticas para evitar el deterioro del suelo.

En esta categoría se ubican *tierras quebradas, muy superficiales que descansan sobre un lecho rocoso muy duro, suelos extremadamente pedregosos o de textura muy pesada como también suelos fangosos.*

Estos suelos no aptos para cultivos, de acuerdo a la magnitud de sus limitaciones son *aptos para cultivos permanentes (café, cacao, frutales) pastos, bosques y vida silvestre.*

#### **3.3.5.1.2.1.- SUELOS APTOS PARA PASTOS**

Son los suelos correspondientes a las *Clases IV, V, VI, VII,* que producen económica y permanentemente.

### 3.3.5.1.2.2.- SUELOS APTOS PARA BOSQUES

Son los suelos que presentan un *relieve accidentado o quebrado pero con suficiente humedad para mantener el bosque.*

Los suelos aptos para bosque son los de las *Clases VI y VII* que con prácticas adecuadas conservan su capacidad productiva sin sufrir deterioro.

### 3.3.5.1.2.3.- SUELOS APTOS PARA LA VIDA SILVESTRE

Estos suelos tienen limitaciones extremadamente severas que hacen imposible conservar la productividad y pagar las inversiones realizadas; por lo que se deben emplear para *conservar la flora y la fauna y proporcionar belleza escénica.* Frecuentemente estos suelos son *utilizados para parques nacionales y pertenecen a la clase VIII.*

### 3.3.5.1.3.- DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS CLASES DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

A continuación se describen brevemente las características de cada una de las clases de capacidad de uso de la tierra.

#### 3.3.5.1.3.1.- CLASE I

Terrenos muy buenos en todos los conceptos, casi planos, fáciles de trabajar, son suelos profundos, bien drenados, no sujetos a daños por inundaciones, de productividad por lo menos moderada que permite el establecimiento de la vegetación necesaria para estar protegidos del agua y del viento, no están sujetos más que a una ligera erosión por estos elementos. Son trabajables mediante la aplicación de métodos buenos y ordinarios de cultivos. Cuando son sometidos a cultivo continuo, se recomienda implementar prácticas que mantengan su fertilidad y estructura, como la aplicación de fertilizantes, rotación de cultivos que contemplan el uso de leguminosas, abonos orgánicos y otras prácticas de esa índole.



**3.3.5.1.3.2.- CLASE II**

Terrenos buenos pero con algunas limitaciones moderadas en cuanto a su aprovechamiento natural. De pendiente suave, mediana profundidad, susceptibilidad moderada a la erosión. Algunas de estas tierras son húmedas por naturaleza y requieren drenaje. Estos terrenos se puede cultivar permanentemente mediante el uso de prácticas como las mencionadas para la clase I, además de otras medidas como labores en contorno, terrazas, cultivos en fajas, áreas vegetadas para desvíos de agua y otros tratamientos de conservación fáciles de aplicar.

**3.3.5.1.3.3.- CLASE III**

Terrenos moderadamente buenos para cultivos limpios pero con tratamiento intensivo de conservación de suelos. Por sus características de pendientes diversas o moderadamente inclinadas, mediana a poca profundidad, son muy susceptibles a la erosión, usualmente requieren una combinación de dos o más prácticas de conservación. Ciertos suelos de esta clase pueden ser muy secos, excesivamente húmedos o salinos. La permeabilidad del subsuelo es lenta o muy lenta

**3.3.5.1.3.4.- CLASE IV**

Esta clase de terreno es mejor mantenerlos con vegetación perenne, aunque pueden ser cultivados de manera ocasional o en forma limitada si son manejados con cuidado.

Muchas veces estos terrenos tienen pendiente demasiado inclinada y no pueden ser cultivados normalmente por el peligro de la erosión. La profundidad del horizonte A es delgada o medianamente profunda y su fertilidad es baja.

Suárez de Castro (1982), considera esta clase de terreno como transicional entre los apropiados para cultivo limpio y los apropiados para vegetación permanente.

En las regiones subhúmedas pueden ser de poco a moderadamente profundos, con pendiente de moderada a inclinada, bajos en fertilidad, extremadamente arenosos y algunas veces con salinidad moderada.

En regiones semi-áridas los cultivos están sometidos a limitaciones muy severas por la erosión eólica, se requieren prácticas intensas especiales para conservación de la humedad y reducir la erosión.

#### 3.3.5.1.3.5.- *CLASE V*

Estos terrenos son casi planos, con suelos de buena profundidad, tienen limitaciones debido a la humedad, clima o algunas obstrucciones permanentes como rocas, los riesgos de erosión tanto por agua como por viento son ligeros.

Pueden ser dedicados a bosque o tierras de pastoreo reguladas para evitar la destrucción de la cubierta vegetal.

#### 3.3.5.1.3.6.- *CLASE VI*

Las tierras de esta clase se caracterizan por una capa de suelo superficial poco profunda, de pendiente inclinada en su mayoría y por lo tanto expuesta a los riesgos de la erosión hídrica y eólica, son impropias para cultivos limpios, pero se pueden utilizar para vegetación permanente con ligeras limitaciones y usando prácticas moderadas de conservación.

Pueden ser utilizadas en forma moderada para la producción de forrajes y productos forestales, sin embargo su uso inadecuado puede agotar la vegetación siendo necesario establecer restricciones y medidas severas por largos períodos de tiempo para permitir su recuperación.

#### 3.3.5.1.3.7.- *CLASE VII*

Estas tierras no solo son inadecuadas para cultivos limpios sino que también están expuestas a severas limitaciones cuando se usan para bosques y pastizales. La pendiente es fuerte, con suelos de escasa profundidad, pueden tener excesiva humedad o salinidad. Cuando se usan para bosques o pastoreo deben ser tratadas con mucho cuidado.

**3.3.5.1.3.8.- CLASE VIII**

Estas tierras son generalmente áridas, de gran inclinación, pedregosas, húmedas y arenosas, o están muy erosionadas, también se incluyen dentro de esta clase los terrenos pantanosos imposibles de desecar. Tienen severas limitaciones para el desarrollo de pastos o especies forestales. Pueden utilizarse para fines recreativos, vida silvestre, abastecimiento de agua.

Es muy difícil establecer en ellos económicamente un cultivo, potrero o bosques, ni aún apelando a las prácticas más intensas de manejo y defensa de suelos.

**3.3.5.2.- SUBCLASES DE TIERRAS**

Una subclase de tierra consiste en la *agrupación de una o más unidades de mapeo de suelos que tienen potenciales similares, como también limitaciones de riesgos permanentes.*

Las subclases son *grupos de unidades de capacidad dentro de las clases que tienen las mismas clases de limitaciones dominantes para su uso agrícola*, como resultado del suelo y del clima.

Dentro del nivel de las subclases, se reconocen cuatro limitaciones que son:

- . *Erosión* (incluye limitaciones de pendiente) se designa con la letra "e"
- . *Exceso de humedad* (incluye drenajes, tabla de agua e inundaciones) se designa con la letra "w"
- . *Suelos* (incluye limitaciones de profundidad, de textura, gravas, piedras sales) se designa por el símbolo "s"
- . *Clima* (incluye exceso de sequía, de humedad, de vientos, de temperaturas) se designa con la letra "c"

Las subclases proveen al usuario de los mapas la información sobre el grado de limitación y la clase de limitaciones. Dentro de la clase I no se reconocen subclases; el total de subclases de capacidad son 25.

Para expresar la subclase de capacidad se pone a la derecha de la clase de capacidad una letra subíndice que especifica el tipo de limitación. Cuando los suelos tienen dos clases de limitaciones, ambas pueden ser indicadas, la dominante debe preceder al símbolo.

En el siguiente cuadro se presentan las Clases y Subclases de Capacidad

CLASES DE CAPACIDAD	SUBCLASE DE CAPACIDAD
I	No tiene
II	IIe IIw II <sub>s</sub> II <sub>c</sub>
III	IIIe IIIw III <sub>s</sub> III <sub>c</sub>
IV	IVe IVw IV <sub>s</sub> IV <sub>c</sub>
V	Vw
VI	VIe VIw VI <sub>s</sub> VI <sub>c</sub>
VII	VIIe VIIw VII <sub>s</sub> VII <sub>c</sub>
VIII	VIIIe VIIIw VIII <sub>s</sub> VIII <sub>c</sub>

**3.3.5.3.- UNIDADES DE CAPACIDAD**

Las unidades de capacidad *proveen una información específica y detallada de las subclases para la aplicación a problemas específicos en las fincas.*

Cada subclase se divide en unidades de capacidad, las cuales son la categoría más específica de la clasificación de capacidad de uso, por agrupar suelos con el mismo potencial productivo debido a características edafoclimáticas similares.

Las unidades de capacidad poseen determinadas características físicas y químicas del suelo, del clima o zonas de vida.

Las características físicas del suelo expresadas en las unidades de capacidad son: pendiente, profundidad, textura, estructura, erosión, permeabilidad, drenaje, inundaciones, capacidad de retención de humedad, tipo de material limitante de la profundidad del suelo, gravas y piedras.

Las características químicas consideradas son pH, contenido de materia orgánica, fósforo utilizable, potasio utilizable, sales y alcalis.

Para el clima se han considerado las zonas de vida de Holdridge, que en vez de ser una clasificación climática es una clasificación ecológica que resulta de la interacción de la precipitación y evapotranspiración promedio anual, la biotemperatura, los pisos altitudinales y el tipo de vegetación existente en determinados suelos.

La unidad de capacidad *agrupa suelos lo suficientemente uniforme para producir similares clases de cultivos anuales, permanentes, pastos y bosques, con similares prácticas de manejo.*

Las unidades de capacidad *permiten especificar el grado de adaptabilidad de los cultivos anuales, permanentes, pastos y bosques. También especifican los riesgos de erosión y el tipo de intensidad de práctica de manejo para el uso racional de la tierra con óptima productividad sin sufrir deterioro.*

Las unidades de capacidad se *expresan poniendo un número arábigo que a veces va con una letra a la derecha de la subclase para indicar condiciones físicas, químicas y de zonas de vida específicas.*

#### 3.4.- *UTILIZACION DEL SISTEMA AMERICANO DE CLASIFICACION DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN NICARAGUA*

En Nicaragua el Sistema Americano o de las Ocho Clases para clasificar las tierras ha sido utilizado por diferentes instituciones o unidades que han tenido o tienen actualmente esta labor de clasificación; tales como: MARENA, INETER, MAG, INRA y Universidades.

Las primeras dos instituciones son las que tienen una mayor acción en este campo y las restantes ejercen alguna función en este aspecto pero a nivel reducido o esporádico.

Este sistema de clasificación se ha utilizado en nuestro país en su versión original, desde el año de 1968; Eduardo Marín realizó modificaciones a este sistema y las mismas se han utilizado para clasificar tierras.

De 1962 a 1968 en nuestro país se usó este sistema para realizar la clasificación de los suelos de la región del Pacífico a nivel de serie de suelos, cubriéndose en ese estudio más de 1000 kilómetros cuadrados.

En 1970 el Proyecto del Catastro y Recursos Naturales efectuó modificaciones y ajustes a las ocho clases de capacidad de uso.

Posteriormente Marín, presentó una nueva modificación del sistema bajo el título de *"Metodología para establecer analogías en base a la Capacidad de Uso de la Tierra y Zonas de Vida"*, el cual fue presentado en la XXVI reunión del PCMD y VII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo que se celebró en Guatemala en 1980 y en IV Congreso Agronómico Nacional realizado en Costa Rica.

En el período de 1989-1991 esta misma persona introdujo un cambio radical en el Sistema de Clasificación por Capacidad de Uso de la Tierra, al eliminar las clases y subclases de capacidad de uso e introducir el término del *Uso Mayor de la Tierra y el Manejo* usando el grupo de capacidad (Clima + Suelo) con información de pendiente, limitaciones relevantes del suelo, para la zonificación agroecológica de la producción agropecuaria (Regiones II, III, y IV). Las categorías edafoclimáticas propuestas, sustituyeron a la unidad de capacidad de uso del sistema americano, lo cual resulta confuso para su interpretación tanto para un agrónomo como para los planificadores del uso y manejo de la tierra.

Se han realizado estudios de suelos a nivel detallado (escala 1:20,000) en el sector del Pacífico, pero estos necesitan ser actualizados, pues en algunos sitios ya no existen las series de suelos mapificados, debido a la fuerte erosión que ha ocurrido.

A nivel nacional existe un mapa general de suelos de los sub-grupos taxonómicos, a una escala de 1:250,000.

En casi todos los mapas del país existe una sección en el noroeste, la cual no tiene información, por carecerse de recubrimiento fotográfico. Esta sección esta en blanco y cubre aproximadamente el 10% del territorio del país.

Existen varios mapas de capacidad de uso de la tierra a una escala de 1:500,000 elaborados por diferentes instituciones. En el sector del Pacífico existen mapas detallados.

En 1986, el ingeniero Eduardo Marín comenzó a efectuar mapas de zonificación agroecológica. Este es un trabajo de zonificación de cultivos, incluyendo épocas de siembra. Actualmente el trabajo ha sido completado a nivel detallado para las regiones II y IV, a nivel nacional recién ha sido terminado el mapa a una escala de 1:250,000.

INETER está realizando un mapa a nivel nacional (escala 1:250:000) tanto de suelos como de capacidad de uso de la tierra (ocho clases, modificado por Marín).

Este mapa recoge todos los estudios regionales levantados en el país entre los años 1967-1988 y los lleva a una misma escala.

Además esta misma institución esta realizando otro mapa de suelos denominado "*Clasificación Genética*", el cual se basa principalmente en el origen del suelo.

A nivel de estudios específicos (tesis) se ha utilizado el sistema de clasificación de tierras de la FAO.

La problemática referente al uso de la clasificación de capacidad de uso de la tierra del sistema americano en nuestro país, se centra en que el país no cuenta con una política nacional sobre el uso de la tierra.

MARENA está trabajando en la elaboración de una normativa del uso de la tierra a nivel nacional; con esto se pretende entre otras cosas, implementar un sistema oficial de capacidad de uso, de manera preliminar se piensa en un sistema de ocho clases, incluyendo clima (Zonas de Vida) y la susceptibilidad a la erosión. Además se quiere que la planificación del uso de la tierra se haga utilizando como unidad la "*Cuenca Hidrográfica*".



También podemos notar que en el país existe un conflicto de intereses institucionales, al querer establecer una política de uso de la tierra sin un sistema oficial y de consenso. Esto se explica por la existencia de varios mapas en distintas instituciones, los cuales muestran resultados diferentes, no necesariamente porque los sistemas de clasificación empleados sean muy diferentes, sino porque aparentemente se han utilizado modificaciones o interpretaciones subjetivas, no divulgadas a nivel de las instituciones involucradas, lo cual puede interpretarse como la existencia de intereses institucionales en adaptar la información a sus puntos de vista o necesidades.

Existen diversidad de criterios conceptuales y de uso de simbología a nivel interinstitucional estatal y privado (consultorías) en lo referente a los mapas. Asimismo, no existe una clasificación interinstitucional aceptada para determinar el uso de sistemas agroforestales, pecuario forestales y silvopastoriles. Tampoco existe una evaluación económica para la justificación del uso de la tierra basada en la clases de capacidad de uso de la tierra.

Debido a lo antes expuesto la clasificación de capacidad de uso de la tierra en Nicaragua no ha logrado sus objetivos de conservación, incremento de la productividad de la tierra y mejoramiento de los niveles de vida de la población.

A continuación se mencionan algunas sugerencias y recomendaciones que son necesarias implementar en nuestro país para poder hacer un uso más efectivo del sistema de clasificación de capacidad de uso de la tierra del sistema americano.

- . Realizar una propuesta política del uso y manejo racional de la tierra como base biofísica de la producción ecológicamente sostenible
- . Evaluar económicamente el uso y manejo de la tierra que garantice la sostenibilidad económica como base del mejoramiento del nivel de vida de la población nacional
- . Establecer créditos agrícolas blando y a largo plazo para la conservación de suelos y agua para los productos de agroexportación

- . Generar tecnologías adecuada para inventarios, evaluación, planificación y producción en las tierras de ladera, ecosistemas frágiles o cuencas altas habitadas
- . Es necesario conocer los conceptos, los símbolos y las recomendaciones de uso agropecuario y forestal generado por la clasificación y generar un manual metodológico y de procedimientos para el inventario-diagnóstico de suelo y su clasificación de capacidad de uso
- . Actualizar los estudios de suelos para poder realizar una clasificación agrológica correcta para poder realizar una planificación agropecuaria y forestal confiable
- . Efectuar una evaluación económica de los usos propuestos, mediante la capacidad de uso de la tierra
- . Realizar un trabajo de correlación con la clasificación de capacidad de uso del sistema americano y el de evaluación de tierras de la FAO, que considera las condiciones biofísicas de la tierra y las condiciones socioeconómicas del uso y manejo propuesto; el cual no es utilizado por las instituciones que efectúan la evaluación de los estudios de tierra
- . Preparar una clasificación para el uso de sistemas agroforestales, pecuario forestales y silvopastoriles
- . Los especialistas en suelo de la Universidad Nacional Agraria, deben recolectar la metodología y simbología de capacidad de uso de la tierra existente en las diferentes instituciones y proponer un método y símbolos homogéneos claros y coherentes.

# **CAPITULO IV**

## **EROSION HIDRICA**

#### 4.1.- DEFINICION Y GENERALIDADES

La Erosión Hídrica también denominada *Erosión Acuea*, es la erosión causada por la lluvia; tal vez es la forma más importante de erosión. Es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos.

*En toda la superficie terrestre, excepto en los desiertos y las regiones polares cubiertas por los hielos, el suelo está sujeto a la erosión por el agua cuando no tiene una cubierta vegetal que lo proteja durante las lluvias.*

Las lluvias, incluso las moderadas, remueven el suelo desnudo iniciándose el proceso de erosión que puede originar graves daños sino se detiene mediante la aplicación de medidas protectoras. Cuando caen lluvias intensas sobre terrenos en declive dedicados a cultivos limpios, sobre lugares denudados de las praderas de las montañas, gran cantidad de tierra valiosa puede perderse en poco tiempo por causa de la erosión hídrica.

Cuando de un terreno en declive se quita total o parcialmente la cubierta vegetal del suelo, el agua de lluvia corre sobre dicho terreno más rápida y caudalosamente. De este modo es como se inicia la erosión hídrica que origina grandes daños al mismo y a toda la vegetación que puede haber en el. Por último, a medida que evoluciona este círculo vicioso, es menor la cantidad de agua que se infiltra en el suelo para alimentar las reservas subterráneas del mismo.

*Para evitar la erosión hídrica, se debe proteger al suelo del agua en movimiento.* La vegetación densa, esto es, los cultivos superficiales, las cubiertas de las plantas, los pastos y los árboles, interceptan la lluvia y hacen lento el escurrimiento.

Los terrenos que se usan para pastos o para bosques también se pueden erosionar por el agua, si la explotación deja desnudo y expuesto el suelo.

La sobreexplotación, por la eliminación excesiva de pastos o árboles y por los incendios pueden llegar a lo mismo, sin embargo, por lo general con una buena administración, los pastizales y los bosques pueden quedar exentos de erosión hídrica.

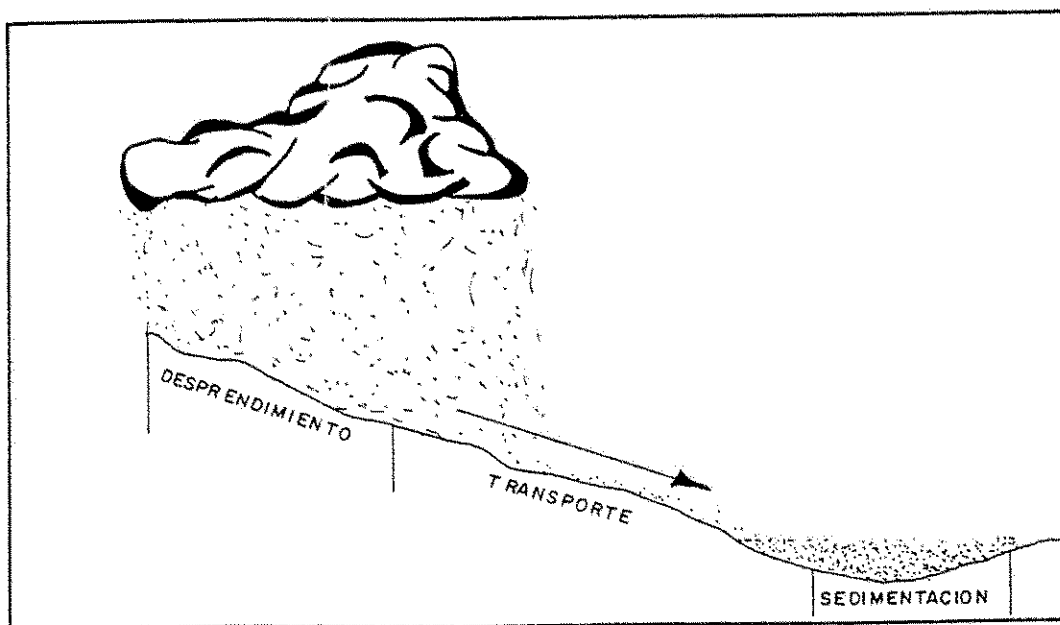
La erosión del suelo por el agua es un problema que requiere atención en todos los países donde el complejo suelo-agua-clima es adecuado para la agricultura y el pastoreo, y donde estas actividades se ejecutan con sujeción a un ritmo estacional.

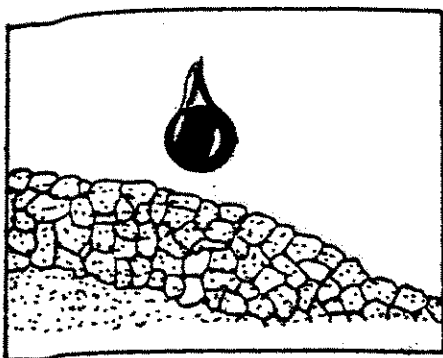
#### 4.2.- PROCESO DE EROSION HIDRICA

La erosión causada por el agua se produce en *tres etapas*:

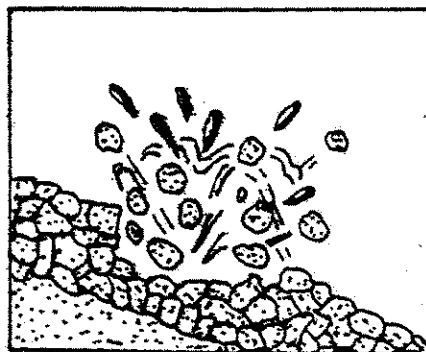
- . Las partículas de suelo se desprenden por el impacto de las gotas de lluvia o por la acción del agua de escorrentía
- . Las partículas desprendidas son arrastradas ladera abajo por la corriente de agua
- . Las partículas de suelo quedan depositadas en nuevos lugares, ya sea encima de otros suelos, en la base de la pendiente o en charcas o cauces de agua

Las siguientes figuras muestran las etapas mediante las cuales ocurre el proceso de Erosión Hídrica en los suelos (Tomado de Agricultura de las Américas, 1983 y Cubero, D., 1994)

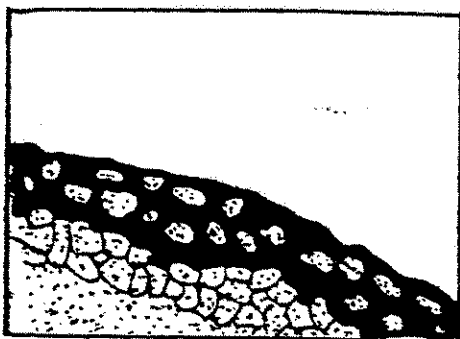




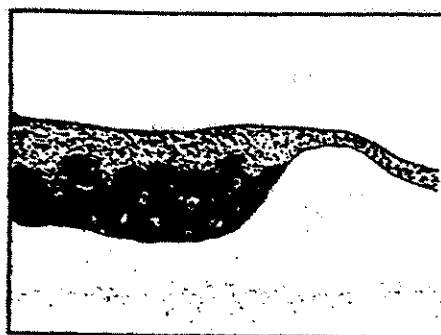
Una gota de lluvia choca contra un suelo desprovisto de vegetación



Las partículas de suelo se desprenden por el impacto de las gotas de lluvia



Las partículas y los agregados del suelo desprendidos por las gotas de lluvia son arrastrados con el escurrimiento



Las represas naturales pequeñas embalsan el escurrimiento. Los sedimentos se depositan en el fondo donde quedan después que el agua sale lentamente

En cualquier cuenca hidrográfica, estos pasos se presentan en orden desde las cumbres hasta el río.

La salpicadura de la lluvia es el más importante agente de desprendimiento de suelo. Las gotas de lluvia golpean con suficiente fuerza para desintegrar los grumos de suelo sin protección, separando las partículas pequeñas. Las partículas de suelo pueden ser tiradas a través del aire a varios centímetros de distancia y moverse gradualmente aguas abajo.

En cualquier lugar en que la lluvia cae con mayor rapidez de la que puede absorber el suelo, se forma una lámina de agua en la superficie, que se desplaza hacia abajo siguiendo la pendiente del terreno.

La cantidad de suelo que puede ser movida por el agua depende de:

- . Tamaño de las partículas de suelo
- . Velocidad del agua de escurrimiento
- . Agregación del suelo
- . Distancia sobre el cual actúa el proceso

El *proceso de transporte* está sujeto a una aceleración que *aumenta a través del tiempo y del espacio*.

A través del *tiempo*, porque constantemente *se incrementa la cantidad de partículas en movimiento*, ya que al perder el suelo más partículas finas, la cohesión de las restantes disminuye y quedan así cada vez expuestas las restantes.

A través del *espacio*, porque el *fenómeno se inicia en los altos de las pendientes y se extiende hacia abajo, siguiendo la inclinación del terreno, arrastrando consigo las partículas finas a su paso*.

El paso final en el proceso de erosión hídrica es la deposición de las partículas de suelo que se han arrastrado. Esta *deposición* puede presentarse en las *zonas altas o en los valles*, donde dañan los cultivos. También pueden haber deposiciones en las *corrientes y embalses*.

La *depositación* puede ocurrir por *dos circunstancias*:

• Cuando la velocidad de *escorrentía* no es suficiente para transportar las partículas del suelo, esto ocurre generalmente cuando la *inclinación de la pendiente disminuye*

• Cuando algún *obstáculo físico* reduce la velocidad y la fuerza de la *escorrentía*

#### **4.3.- DAÑOS QUE CAUSA LA EROSION HIDRICA**

El suelo que se pierde por la erosión *ácuea* es generalmente el más fértil, el que contiene los principios nutritivos de las plantas, el humus y todos los abonos que el agricultor le haya echado, millones de toneladas de suelo superficial fértil se pueden perder para siempre si la erosión los arrastra al mar. El suelo que queda es menos productivo y puede volverse completamente estéril. Estos terrenos fuertemente erosionados son difíciles de labrar porque forman una costra y se apelmazan y no absorben el agua.

Un agricultor de cualquier lugar del mundo no puede sacar bastante provecho de la tierra para vivir decentemente si esta desaparece poco a poco debido a un *avenamiento* desorganizado por la formación de *cárcavas*, por la pérdida de la fertilidad debido a la erosión laminar, porque el suelo tiene una humedad excesiva que daña las plantas y sufre una degradación general de la vegetación por la pérdida real de suelo que ocasiona la erosión por el agua.

Los agricultores de las tierras bajas tienen interés en la erosión de las tierras más elevadas, pues el suelo lavado de las pendientes puede cubrir sus cultivos o depositar materiales sin fertilidad sobre las tierras buenas y además deteriorar el drenaje de sus campos.

También los habitantes de un poblado son afectados por la erosión hídrica. El suelo en suspensión al ser depositado, azolva las corrientes y colma los embalses, contaminando los abastecimiento de agua y disminuyendo su almacenamiento, destruyendo a la vez la fauna silvestre y el valor recreativo de los lugares.



En cualquier cuenca hidrográfica, estos pasos se presentan en orden desde las cumbres hasta el río.

La salpicadura de la lluvia es el más importante agente de desprendimiento de suelo. Las gotas de lluvia golpean con suficiente fuerza para desintegrar los grumos de suelo sin protección, separando las partículas pequeñas. Las partículas de suelo pueden ser tiradas a través del aire a varios centímetros de distancia y moverse gradualmente aguas abajo.

En cualquier lugar en que la lluvia cae con mayor rapidez de la que puede absorber el suelo, se forma una lámina de agua en la superficie, que se desplaza hacia abajo siguiendo la pendiente del terreno.

La cantidad de suelo que puede ser movida por el agua depende de:

- . Tamaño de las partículas de suelo
- . Velocidad del agua de escurrimiento
- . Agregación del suelo
- . Distancia sobre el cual actúa el proceso

El *proceso de transporte* está sujeto a una aceleración que *aumenta a través del tiempo y del espacio*.

A través del *tiempo*, porque constantemente *se incrementa la cantidad de partículas en movimiento*, ya que al perder el suelo más partículas finas, la cohesión de las restantes disminuye y quedan así cada vez expuestas las restantes.

A través del *espacio*, porque el *fenómeno se inicia en los altos de las pendientes y se extiende hacia abajo, siguiendo la inclinación del terreno, arrastrando consigo las partículas finas a su paso*.

El paso final en el proceso de erosión hídrica es la deposición de las partículas de suelo que se han arrastrado. Esta *deposición* puede presentarse en las *zonas altas o en los valles*, donde dañan los cultivos. También pueden haber deposiciones en las *corrientes y embalses*.

La *depositación* puede ocurrir por *dos circunstancias*:

• Cuando la velocidad de *escorrentía* no es suficiente para transportar las partículas del suelo, esto ocurre generalmente cuando la *inclinación de la pendiente disminuye*

• Cuando algún *obstáculo físico* reduce la velocidad y la fuerza de la *escorrentía*

#### 4.3.- *DAÑOS QUE CAUSA LA EROSION HIDRICA*

El suelo que se pierde por la erosión ácuea es generalmente el más fértil, el que contiene los principios nutritivos de las plantas, el humus y todos los abonos que el agricultor le haya echado, millones de toneladas de suelo superficial fértil se pueden perder para siempre si la erosión los arrastra al mar. El suelo que queda es menos productivo y puede volverse completamente estéril. Estos terrenos fuertemente erosionados son difíciles de labrar porque forman una costra y se apelmazan y no absorben el agua.

Un agricultor de cualquier lugar del mundo no puede sacar bastante provecho de la tierra para vivir decentemente si esta desaparece poco a poco debido a un avenamiento desorganizado por la formación de cárcavas, por la pérdida de la fertilidad debido a la erosión laminar, porque el suelo tiene una humedad excesiva que daña las plantas y sufre una degradación general de la vegetación por la pérdida real de suelo que ocasiona la erosión por el agua.

Los agricultores de las tierras bajas tienen interés en la erosión de las tierras más elevadas, pues el suelo lavado de las pendientes puede cubrir sus cultivos o depositar materiales sin fertilidad sobre las tierras buenas y además deteriorar el drenaje de sus campos.

También los habitantes de un poblado son afectados por la erosión hídrica. El suelo en suspensión al ser depositado, azolva las corrientes y colma los embalses, contaminando los abastecimiento de agua y disminuyendo su almacenamiento, destruyendo a la vez la fauna silvestre y el valor recreativo de los lugares.

Los escurrimientos sin regulación, provocados por las lluvias fuertes, llegan a producir inundaciones que dañan tanto a las propiedades rurales como a las urbanas y ponen en peligro las vidas humanas y la del ganado.

Tan pronto como el suelo comienza a agotarse como consecuencia de la erosión ácuea, el hombre tiende a trasladarse a otras tierras más productivas y cuando ya no encuentra donde ir no tiene más remedio que adaptarse al consumo de cantidades menores de alimentos, cuya obtención requiere un trabajo más duro.

Esta situación, que se traduce en malnutrición y desesperanza, existe invariablemente en las tierras muy erosionadas donde una población muy numerosa se ve obligada a vivir.

Podemos afirmar que los *daños* causados por la erosión hídrica pueden ser *directos, sobre la superficie afectada por las precipitaciones e indirectos en lugares más o menos distantes y de modos más diversos.*

Entre los *daños directos* ocasionados por la erosión hídrica podemos mencionar los siguientes:

- . Deterioro de la integridad física del suelo (destrucción de la estructura, arrastre y pérdida de partículas)
- . Pérdida de agua (menor volumen de almacenaje, infiltración más lenta, mayor escorrentía y evaporación más elevada)
- . Pérdida de cosechas (en pie, almacenada en el campo)
- . Dificultades en el laboreo (menor espesor del suelo, mayor dificultad por deterioro de la estructura y pérdida de materia orgánica, surcos acortados por cárcavas, encharcamiento etc.)
- . Dificultades en el transporte (corte de caminos por cárcavas, barrancos, zonas encharcadas y sedimentación etc.)

Entre los *daños indirectos* producidos por la erosión ácuea cabe mencionar los siguientes:

- En las poblaciones (por inundaciones, arrastres, depósito de los materiales erosionados etc.)
- En las comunicaciones (cortes por inundación, arrastre, depósito de sedimentos, obstrucción de canales, abrasión de tuberías, bombas, etc.)
- En los embalses o presas (pérdida de capacidad por sedimentación, falta de agua para riego, para centrales hidroeléctricas, obstrucción y abrasión de tuberías, turbinas etc)

En resumen, sin tratar de ser abundantes sobre los efectos de la erosión hídrica podemos decir que los más sobresalientes son los siguientes:

- Pérdida física de la calidad del recurso suelo por desmejoramiento de su calidad y capacidad productiva
- Disminución de la calidad de cuerpos de agua naturales o artificiales por medio de azolvamiento o acumulación de sedimentos
- Destrucción de obras de infraestructura vial con todo y sus subestructuras (levantamiento de rellenos, aterramiento de cunetas y canales, arrastre de puentes, alcantarillas y desagües)
- Destrucción de obras de infraestructura agropecuaria, habitacional e industrial
- Pérdida directa de las cosechas y cultivos

- . Cambio de los componentes del equilibrio hidrológico, lo que ocasiona:
  - . Disminución del volumen de agua infiltrada en el subsuelo y en el manto friático
  - . Incremento de la escorrentía superficial
  - . Generación de crecidas violentas en los ríos y quebradas
  - . Empobrecimiento de los acuíferos
  - . Desregulación de los caudales de los ríos y fuentes de agua
  - . Cambio de las condiciones microclimáticas

#### 4.4.- FORMAS DE EROSION HIDRICA

##### 4.4.1.- EROSION POR SALPICAMIENTO

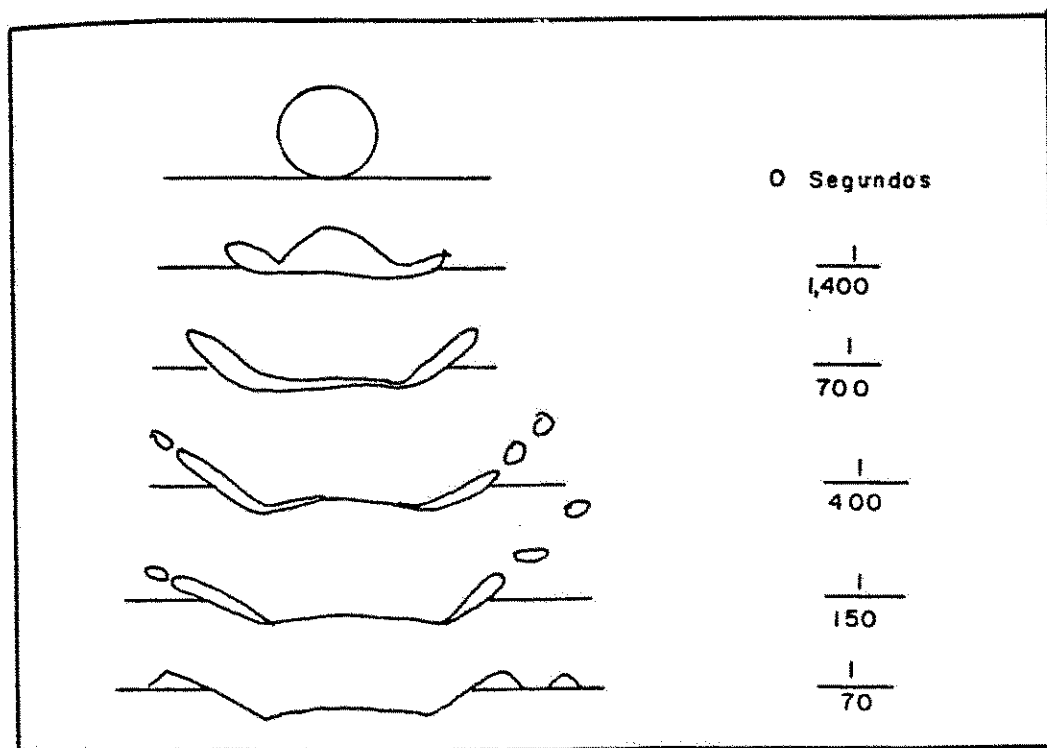
También se le denomina *Erosión por Gotas de Lluvias o Erosión Pluvial*.

Consiste en la dispersión de los agregados del suelo como resultado del impacto directo de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno.

La energía que confieren las gotas de lluvia al terreno, provocan deslizamientos de las partículas del suelo que alcanzan alturas hasta de 61 centímetros y distancias laterales de 152 centímetros en terrenos planos (Schwab et al., 1971).

Las gotas de lluvia, al caer sobre un suelo sólido, forman cráteres minúsculos. Este fenómeno va acompañado de una saltación que lanza al aire agua y tierra en círculos concéntricos. En los terrenos en declives, más de la mitad de la salpicadura desciende por las laderas.

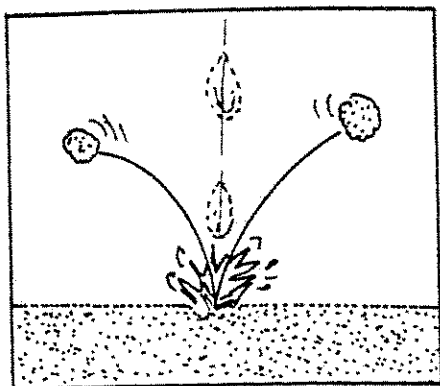
Las etapas para la formación de cráteres por goteo se ilustran en las siguientes figuras (Según Mihara, 1952)



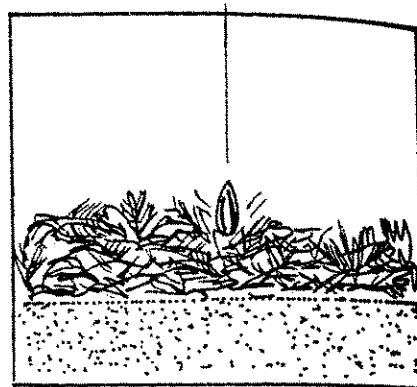
La cobertura de residuos vegetales amortigua el impacto de las gotas de lluvia e impide o elimina la erosión por salpicadura. Las hojas de cultivos en hileras cercanas absorben la fuerza de caída de las gotas y así se reduce la salpicadura.

Se estima que en un suelo desnudo, las lluvias fuertes salpican más o menos 25 toneladas de suelo por hectárea y las gotas de lluvia dispersan las partículas de suelo hasta 0.90 metros de distancia. El impacto de la gota de lluvia sobre un terreno al descubierto no solo levanta el suelo, sino que disminuye también la cohesión y deteriora la estructura del mismo.

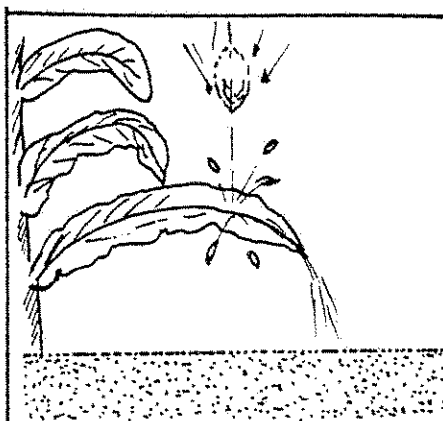
Lo antes expuesto se ilustra en las siguientes figuras,  
(Tomado de Agricultura de las Américas 1983)



En un suelo desnudo las  
gotas de lluvia dispersan  
las partículas



La cobertura de residuos  
vegetales amortigua el  
impacto de las gotas de  
lluvia e impide o elimina  
la erosión por salpicadura



Las hojas de los cultivos  
absorben la fuerza de caída  
de las gotas y así reducen  
la salpicadura

Se ha observado que la cantidad de suelo salpicado por las gotas de lluvia es 50 a 90 veces más grande que la cantidad de suelo arrastrado por el flujo superficial (Smith, D.D. y Wischemeir W.H., 1962).

El grado de erosión por salpicamiento depende del desprendimiento y transporte de las partículas. El desprendimiento de las partículas depende del tamaño de las mismas, la facilidad para ser transportadas aumenta cuando disminuye el tamaño de estas. Es por eso, que las *partículas de arcilla son más difíciles de desprenderse que las de arena, pero más fáciles de ser transportadas.*

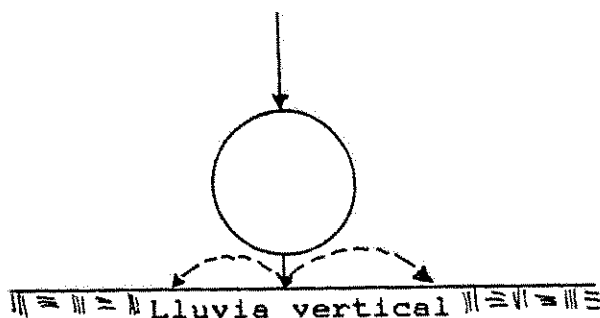
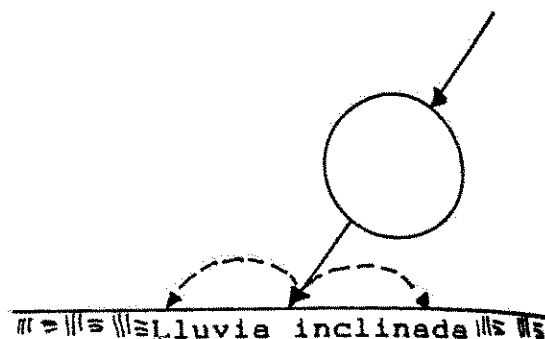
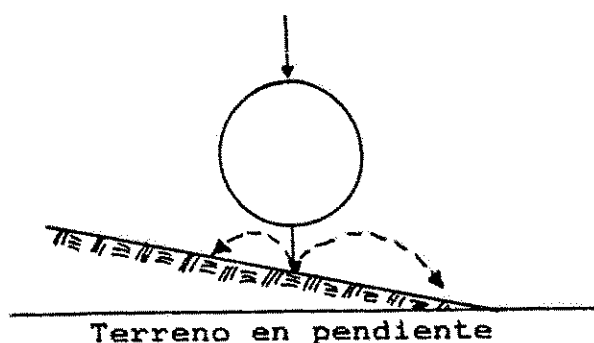
Los factores que afectan la dirección y distancia del salpicamiento del suelo son: la pendiente, el viento y los impedimentos al salpicamiento tales como la cobertura vegetal y las coberturas con residuos de cultivos anteriores.

En terrenos planos el salpicamiento por las gotas de lluvia no es muy crítico, pero en terrenos con pendiente la cantidad de suelo salpicado es mayor hacia las partes bajas que hacia las partes altas porque las partículas de suelo se desplazan más y el ángulo de impacto hace que la reacción de la salpicadura sea en dicha dirección.

Los componentes de la velocidad del viento hacia arriba o hacia abajo de la pendiente tienen un efecto importante sobre el movimiento del suelo por salpicadura. La aspereza de la superficie y los obstáculos para la salpicadura tienden a contrarrestar los efectos de la pendiente y el viento. Los surcos en contorno y los camellones interrumpen la pendiente y hacen que cantidades mayores de suelo salpiquen hacia arriba de la pendiente.



En las siguientes figuras se muestran los efectos de la lluvia, sobre un terreno inclinado o con pendiente y la lluvia inclinada y lluvia vertical (Tomado de Kohnke y Bertrand, 1959)



La erosión por salpicamiento causa los siguientes tipos de daños:

#### **EROSION LODOSA**

El impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo, deshacen los terrones y desmenuzan el suelo cambiando su estructura hasta una condición de lodo.

El agua de lluvia se filtra dentro del suelo y los espacios porosos en la capa de la superficie se llenan de este lodo.

El daño se muestra como costra sobre los campos desnudos impidiendo la infiltración normal.

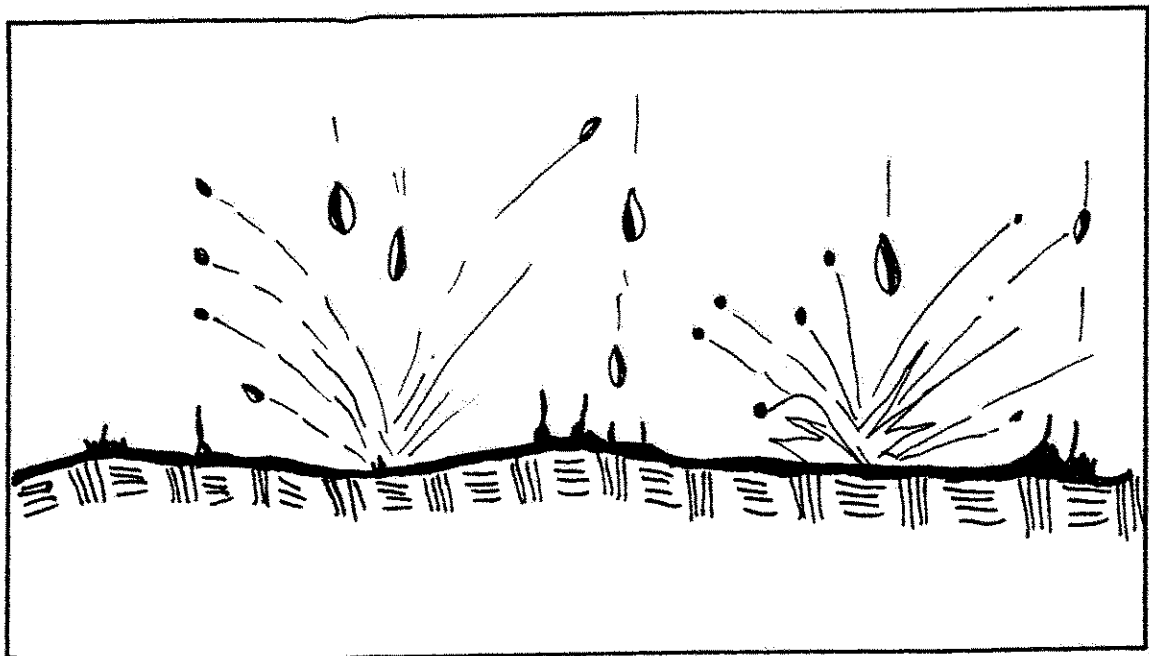
En cambio los suelos cubiertos con plantas no son dañados porque las plantas *recogen e interceptan las gotas de lluvia*, estas no golpearán al suelo, dejando conservar a este su estructura natural, así el agua que se acumula en la superficie permanece clara y se filtra con facilidad dentro del suelo.

### EROSION DE FERTILIDAD

El alimento de las plantas esta en la materia orgánica, el limo y la arcilla. La *materia orgánica es la primera en salpicarse junto con las gotas de lluvia y llevada lejos flotando*, la misma suerte ocurre con el limo y la arcilla, guardadores de los nutrientes, quedándonos un *suelo más pobre*.

Los *fertilizantes comerciales* que el agricultor incorpora al suelo son *removidos por la erosión de salpicamiento*.

La siguiente figura nos muestra la forma de erosión hídrica por Salpicamiento (Tomado de Cubero, D. 1994)



## 4.4.2.- EROSION LAMINAR

También se le denomina *Lavado Deluvial*, *Erosión Superficial*, *Erosión por Lámina de Agua*. Consiste en el *desprendimiento más o menos uniforme de una delgada capa o "lámina" de suelo de un terreno en pendiente*; se produce generalmente cuando la *superficie del campo es lisa y la pendiente uniforme*.

En estudios realizados sobre la mecánica de la erosión y por medio de fotografías de alta velocidad se ha podido observar que esta forma de erosión hídrica raras veces ocurre como un deslizamiento uniforme de una capa de suelo, ya que casi simultáneamente con el primer salpicamiento y movimiento del suelo se forman pequeños canales. El cambio constante de posición y la tendencia a formar meandros de estos canalillos, origina un falso concepto de erosión laminar.

La erosión laminar es especialmente *perjudicial por su acción selectiva sobre las partículas de suelo*. Arrastra primero la porción más liviana de esas partículas especialmente si los aguaceros que caen en la zona son de mediana o *reducida intensidad*. Como resultado de este continuo trabajo comienza a desarrollarse en muchos terrenos el llamado "*Pavimento de Erosión*" que es la *pérdida de todo material liviano (materia orgánica, etc.)*; en suelos *gravillosos o pedregosos con la consiguiente acumulación en la superficie de los constituyentes de mayor tamaño (gravas, etc.)*.

Esta erosión es insidiosa, porque la cantidad de suelo que se desprende suele ser tan poca que el campesino no alcanza a darse cuenta de que se está produciendo erosión en su parcela. Por lo tanto, esta *forma de erosión es menos notable* pero la más peligrosa; a través de su acción *comienza a tornarse de color más claro el suelo superficial por efecto de la remoción de humus y a reducirse la productividad de los terrenos en forma progresiva*.

Este tipo de erosión se *detecta en el campo por la aparición de manchas de regular tamaño de un color más claro que el resto del terreno* por efecto de la remoción de humus, también es posible detectarla por la *acumulación de material de suelo al pie de los terrenos en pendientes*, o al ver descubierto algún objeto que estaba enterrado, como, por ejemplo, una roca, la parte inferior de un poste o la raíz de un árbol.

Frecuentemente los agricultores no se dan cuenta de la causa por la cual sus cosechas se reducen año tras año y tan solo comienzan a ver aparecer en sus tierras de labranzas parches estériles de color claro y conectan esos decrecimientos de la fertilidad con la reducción del espesor del suelo por efecto de factores que en muchos casos juzgan como incontrolables.

El daño causado por las pérdidas en la productividad es mayor en los suelos superficiales que descansan sobre un substrato impermeable o sobre una capa de roca, que en los suelos que tienen un subsuelo suelto y bien drenado.

Cuando el subsuelo es impermeable, el suelo superficial se satura de agua rápidamente, a causa de la lenta infiltración del agua a través de la capa impermeable; las gotas de lluvia al caer sobre la superficie saturada y el impacto ejercido por ellas aflojan las partículas más finas y de tamaño medio, las que son arrastradas con facilidad.

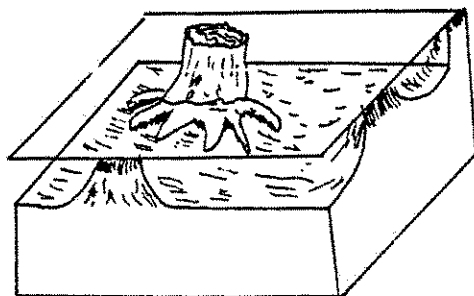
Los terrenos con subsuelo impermeable y con suelo superficial u horizonte A de poca cohesión, reducido espesor y pobres en materia orgánica, presentan las condiciones más críticas para esta forma de erosión.

En la erosión laminar intervienen dos procesos erosivos fundamentales:

- *Desprendimiento de las partículas de suelo* del conjunto de este, las que después son alejadas de su emplazamiento primitivo. Las partículas de suelo se desprenden ante todo por la acción de la lluvia. Este proceso de desprendimiento recibe el nombre de "*Erosión Pluvial o Erosión por Salpicamiento*".
- Cuando la velocidad de caída de la lluvia es mayor que la velocidad de infiltración del agua en el suelo, el agua comienza a correr sobre la superficie del terreno inclinado. En este momento ocurre el segundo proceso erosivo. La corriente de agua recoge las partículas de tierra desprendidas por las gotas de la lluvia y las arrastra consigo. Esta corriente de agua puede moverse sobre la superficie del suelo formando una delgada lámina a la que se denomina "*Flujo Laminar*". Este flujo puede ocasionar una grave pérdida de suelo en una superficie determinada.

El poder erosivo y el de transporte del flujo laminar son función de la altura de este y de la velocidad del escurrimiento para una magnitud, una forma y una densidad dada de las partículas o agregados del suelo. Estudios pertinentes han revelado que el desplazamiento máximo de las partículas del suelo se produce cuando la altura del flujo laminar es aproximadamente igual al diámetro de las partículas.

La siguiente figura nos muestra la forma de Erosión Hídrica Laminar (Tomado de la FAO, 1984)



#### 4.4.3.- EROSION EN SURCOS

También se le denomina *Erosión por canales, digitiforme, reguerras, estrías, o erosión de arroyada*. Es la *remoción del suelo por el agua en pequeños surcos o arroyuelos cuando existe una concentración de flujo superficial*. Esta forma de erosión es subestimada frecuentemente, pero se presenta en la mayoría de los suelos.

Esta forma de erosión hídrica ocurre cuando por razón de *pequeñas irregularidades de pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios hasta adquirir volumen y velocidad suficientes, para hacer cortes y formar canalículos y zanjillas de pequeño tamaño a lo largo de la pendiente, que se destacan en el terreno.* Ocurre especialmente durante aguaceros de gran intensidad y en terrenos con pendientes pronunciadas.

En este tipo de erosión, se forman *zanjillas de pequeño tamaño a lo largo de la pendiente*, las cuales van indicando las zonas de concentración de la escorrentía, estos pequeños surcos cortados por el agua *pueden borrarse fácilmente en el transcurso de las labores normales de cultivo que se aplican al terreno.*

Generalmente los *canalículos se unen entre sí formando dedos de la mano*, de ahí su nombre *digitiforme*, cuando se hacen las labores del cultivo estos canalículos quedan borrados, de este modo la superficie del suelo queda lisa otra vez y la erosión regresa al tipo laminar.

La erosión en canales aumenta con la longitud y grado de la pendiente, siendo *mayor en áreas con pendientes fuertes y especialmente en la parte baja de los terrenos*, mientras que la *erosión por salpicamiento ocurre a todo lo largo de la pendiente del terreno.*

Los daños de la erosión por canalículos pueden ser de gravedad, *si no se les presta atención se convertirán pronto en cárcavas*. Sin embargo por ser más manifiestos, el *agricultor les presta mejor y más oportuna atención que a los causados por la erosión laminar.*

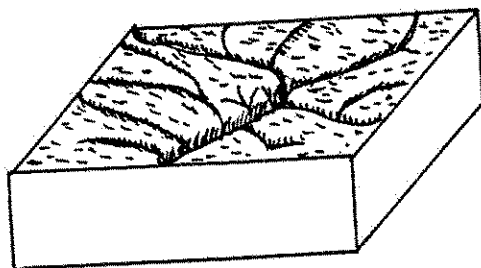
La erosión digitiforme se *considera como una transición entre la erosión laminar y la de cárcavas*. No existe límite definido que señale el final de la erosión laminar y el comienzo de la erosión en surcos. Estos se forman inmediatamente al iniciarse el flujo superficial y pueden ser de tamaño minúsculo o de un tamaño que permita que se los perciba fácilmente.

El número de surcos que se forman en una superficie determinada puede variar ampliamente, dependiendo esta variación sobre todo de la irregularidad de la superficie del terreno y de la cantidad y velocidad del escurrimiento. Cuando el *sistema de surcos ha adquirido un desarrollo considerable*, la *erosión laminar se limita principalmente a las porciones lisas que quedan entre los surcos.*

El desprendimiento y el transporte de las partículas de suelo son mayores en la erosión en surcos que en la erosión laminar. Ello se debe a la aceleración de la velocidad del agua en movimiento cuando esta se concentra y desplaza en surcos. En la erosión en surcos el desprendimiento se origina principalmente por la energía del flujo de agua y no por el choque de las gotas de agua de la lluvia, como ocurre en el caso de la erosión laminar.

La erosión en surcos adquiere su mayor gravedad cuando caen aguaceros intensos en suelos muy propicios para el escurrimiento y cuando la capa arable del suelo se erosiona fácilmente. La erosión en surcos arrastra parte de la capa arable pero, una vez que los surcos se han formado, gran parte de la disección se ejerce en profundidad y puede llegar hasta el subsuelo. La erosión laminar, en cambio, únicamente arrastra la capa superior de suelo.

La siguiente figura nos muestra la forma de Erosión Hidrica en Surcos (Tomado de la FAO, 1984)



#### 4.4.4.- EROSION POR CARCAVA

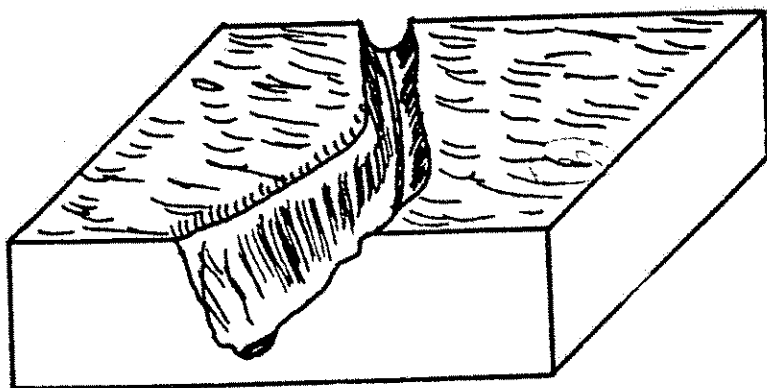
También se le denomina *Barrancos, Zanjones, Ramblas*. Es la forma producida por la socavación repetida sobre el terreno debida al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales. Se presenta cuando hay una gran concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno, lo que produce remoción del suelo y la posterior formación de canales relativamente grandes (más grandes que los producidos por la erosión en surcos). Estos canales no es posible eliminarlos con las labores normales de cultivos.

La formación de cárcavas en un terreno es una *fase avanzada y muy perjudicial de la erosión hídrica* y se diferencia de la *erosión laminar* porque la *remoción del suelo se hace en fajas relativamente angostas en dirección de la pendiente del terreno* y el *arrastre del suelo no se manifiesta de una manera uniforme en toda la superficie*.

El *proceso inicial en la formación de una cárcava se denomina estado de zanjeado incipiente*, en el cual la cárcava empieza a notarse sobre el terreno debido a que el agua que escurre tiende a concentrarse para formar pequeñas corrientes o canalillos que poco a poco convergen entre sí para dar origen a otros de mayor anchura y profundidad, lo cual produce en el terreno la *apariciencia del dibujo de un árbol con sus diversas ramificaciones*.

Esta clase de *zanjamiento incipiente*, se considera como un *estado de transición entre la erosión laminar y las cárcavas* propiamente dichas. El control de las cárcavas *durante este período es sencillo*, pues generalmente basta *pasar el arado o la rastra a través de estos canalillos para que desaparezcan* e impedir así su acrecentamiento posterior y por lo tanto la dificultad de su control.

La figura que se presenta a continuación nos muestra la forma de Erosión Hídrica por Cárcavas (Tomado de la FAO, 1984)





**4.4.4.1.- DAÑOS QUE OCASIONAN LAS CARCAVAS**

Entre los principales daños ocasionados por la cárcavas podemos citar los siguientes:

- . Arrastre de suelo fértil en el área dañada, lo que reduce considerablemente la productividad
- . Azolve de los vasos de almacenamiento, canales y otras obras hidráulicas, así como de los cauces naturales localizados en la parte baja de la cuenca, lo que reduce la vida útil de las estructuras y casi siempre obliga a ejercer erogaciones para el desazolve
- . Depósito o acumulación de suelos infértiles acarreados de las zonas erosionadas sobre los terrenos fértiles situados en las partes bajas, lo que origina una disminución de la productividad en las áreas afectadas
- . Dificultad para cruzar las cárcavas con los implemento y maquinaria de que se disponga, lo que en muchos casos llegan a imposibilitar totalmente esta operación
- . Aumentan el peligro para el ganado en pastoreo, que al caminar cerca de las orillas de las cárcavas pueden resbalar y causarse serios daños
- . Las cárcavas cerca de los caminos producen socavaciones que hacen peligroso el tránsito
- . Reducción del área útil de cultivo y por consiguiente los rendimientos por unidad de superficie, lo que además disminuye el valor de la tierra
- . Las cárcavas hacen el papel de drenes que concentran el agua precipitada en las zonas circundantes y limitan la humedad aprovechable para los cultivos establecidos
- . Los costos de operación aumentan considerablemente en los terrenos donde por descuido se ha permitido la formación de cárcavas

**4.4.4.2.- CAUSAS QUE ORIGINAN LA FORMACION DE CARCAVAS**

El punto crítico que da origen a una cárcava, se caracteriza siempre por una concentración del escurrimiento superficial debido a diversas causas, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- . Lluvias fuertes que caen sobre suelos desprovistos de cubierta vegetal
- . Concentración de las aguas de lluvia en depresiones naturales
- . Descuido y falta de protección de caminos; los que se comportan como canales por donde escurren volúmenes relativamente grandes de agua
- . Madrigueras que hacen los animales de hábito subterráneo, los que al formar túneles en el suelo favorecen su ruptura cuando llueve, creando un punto crítico que favorecerá el comienzo de una cárcava
- . Ruptura de una terraza ocasionada por un exagerado volumen de agua; esto sucede cuando la capacidad del sistema no se calcula en forma adecuada
- . Desbordamiento o ruptura de un canal
- . Cambio brusco de una cubierta vegetal, o de uso de la tierra
- . Carreteras y brechas para vehículos sin protección de cunetas
- . Surcos que dejan máquinas de labranza en la dirección de la pendiente
- . Huellas que deja el ganado en potrero sobrepastoreados

La intensidad y la amplitud de la formación de una cárcava guarda una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento y la velocidad de esta. La formación de cárcavas depende de la existencia de agua en cantidades relativamente grandes para desarrollar la energía necesaria para desprender el suelo y transportarlo. La cantidad de agua existente dependen a su vez estrechamente de la extensión superficial y de las características de producción de escurrimiento de las áreas de avenamiento de que se trate. La intensidad de la erosión en cárcavas esta regulada, además, por las características del suelo, el tamaño y la forma de las cárcavas, y de la pendiente del fondo de esta.

#### 4.4.4.3.- *FORMAS DE LAS CARCAVAS*

El perfil vertical transverso de las cárcavas presenta frecuentemente dos formas:

##### 4.4.4.3.1.- *Cárcavas de sección transversal en "V"*

Estas se desarrollan en áreas donde el subsuelo es más resistente a la erosión que la superficie, porque el suelo tiene una textura fina o es compacto.

##### 4.4.4.3.2.- *Cárcavas de sección transversal en "U"*

Se desarrollan en áreas donde tanto el suelo como el subsuelo presentan la misma facilidad para ser erosionados.

No es frecuente hallar perfiles en V y en U en una misma cárcava.

#### 4.4.4.4.- *PROCESOS DE CRECIMIENTO DE LAS CARCAVAS*

Las cárcavas crecen por diversos procesos que pueden ocurrir aislada o simultáneamente. Estos procesos son los siguientes:

- *Frotamiento del fondo o a los lados de la cárcava por la corriente de agua y los materiales abrasivos como partículas de suelo o restos que el agua arrastra*

*Erosión por el agua que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la escorrentía progresiva de esta*

*Desmoronamiento o caída de tierra de los lados de la cárcava debido a la acción lubricante de las aguas de infiltración o la socavación por la acción del agua que corre por el fondo de la misma*

#### 4.5.- FORMAS ESPECIALES DE EROSION HIDRICA

##### 4.5.1.- EROSION EN PEDESTALES

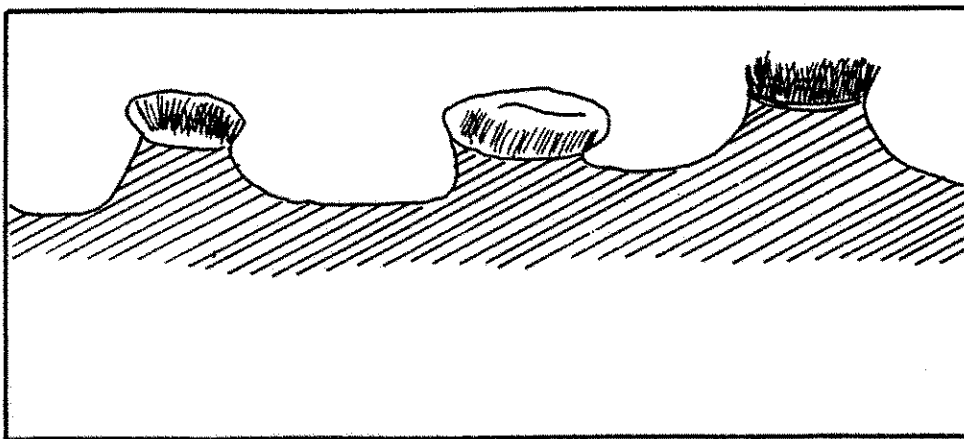
Cuando se protege a un suelo fácilmente erosionable del impacto de las gotas de lluvia, por medio de piedras o raíces de quedan "pedestales" aislados, coronados con el material resistente.

Se ha demostrado que la erosión de terrenos adyacentes a los pedestales es debida principalmente, a las gotas de lluvia más que al flujo superficial, ya que en la base del pedestal no existe socavación o es muy reducida.

Esta forma de erosión se desarrolla lentamente a través de los años y se localiza generalmente en manchones desnudos de terrenos con vegetación aislada, también puede presentarse en terrenos arables que hayan sufrido una erosión excesiva durante una tormenta excepcional.

Su importancia estriba en que es posible calcular aproximadamente la profundidad del suelo que sido erosionado, mediante un examen de la altura del pedestal.

La siguiente figura nos muestra la forma de Erosión en Pedestales (Tomado de Cubero, D., 1994)



#### 4.5.2.- EROSION EN PINACULOS

Esta forma de erosión se asocia siempre con canales verticales profundos a los lados de las cárcavas que profundizan rápidamente hasta que se juntan y dejan al pináculo aislado. Una capa más resistente de grava o piedra, a menudo corona el pináculo, como en la erosión en pedestales.

El control de las cárcavas o cualquier intento de recuperación de los suelos en estas condiciones, es difícil. El uso agropecuario de áreas con este problema es limitado por el alto costo de conformación de la superficie y la reducida cantidad de nutrientes del suelo, además la construcción de estructuras de tierra, concreto u otros materiales es restringida por la rápida socavación a que están sujetas.

#### 4.5.3.- EROSION TUBULAR

La formación de tubos continuos y canales subterráneos, es común en los tipos de suelos sujetos a erosión por pináculos.

Esta forma de erosión ocurre cuando el agua que fluye se infiltra a través de la superficie del suelo y se mueve hacia abajo hasta encontrar una capa menos permeable. Esta agua tiende a moverse sobre las capas poco permeables hacia una salida, si es que existe; por lo tanto, es posible que el material fino del suelo sea arrastrado por el agua, lo que a su vez permite un flujo más rápido con un aumento en la erosión lateral, y en ocasiones todo el flujo superficial penetra a un tubo vertical y continúa su recorrido bajo la tierra antes de reaparecer.

La erosión tubular está restringida la mayoría de las veces a terrenos agrícolas de poco valor, por lo que su control es poco común.

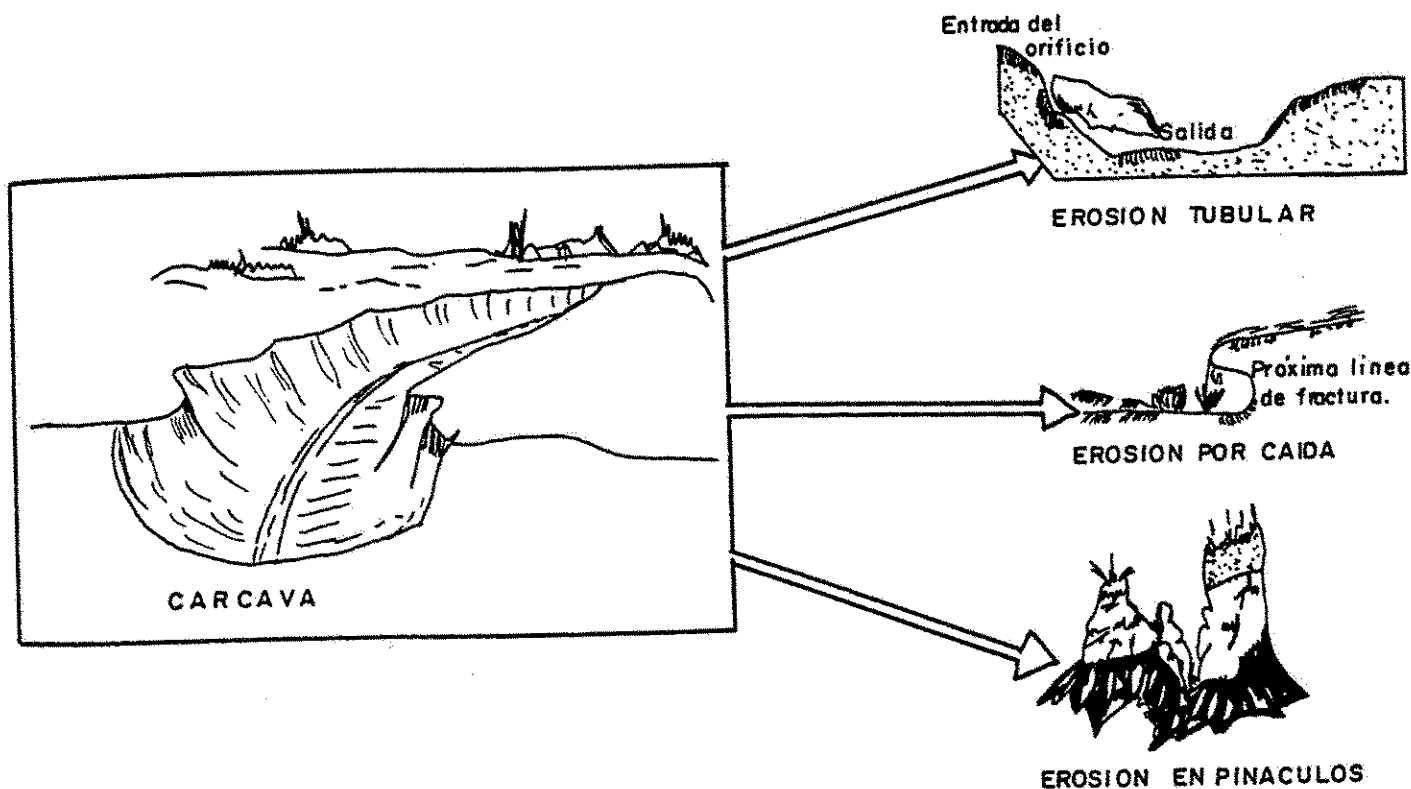
#### 4.5.4.- EROSION POR CAIDA O REMONTANTE

Esta forma de erosión es un proceso geológico que se presenta en las paredes de las cárcavas, sin ninguna intervención del hombre.

La caída que se forma en la orilla de la cárcava, arroja el material salpicado contra la parte baja de esta cara, la cual se erosiona, dejando la parte superior sobresaliendo; cuando el peso de la parte sobresaliente es grande, esta se desprende dando lugar a una nueva cara vertical, comenzando de nuevo el ciclo.

Otros casos semejantes de hundimiento se deben a la erosión en las orillas de ríos y a la erosión costera.

En las siguientes figuras se muestran las Formas Especiales de Erosión Hidrica que están relacionadas con la Erosión en Cárcavas (Tomado del Manual de Conservación del Suelo y del Agua del Colegio de Post-graduados de Chapingo, México, 1982)



#### 4.6.- FACTORES QUE AFECTAN LA EROSION HIDRICA

Los principales factores que determinan la erosión causada por el agua son: el clima, las características del suelo, la vegetación y la topografía. De estos factores se pueden controlar la vegetación y el suelo hasta cierto punto. En cambio los factores climáticos y los topográficos, a excepción de las distancias en pendiente, están fuera del control del hombre.

##### 4.6.1.- CLIMA

Los factores climáticos que intervienen en la erosión hídrica son: la precipitación, la temperatura, el viento, la humedad y la radiación solar.

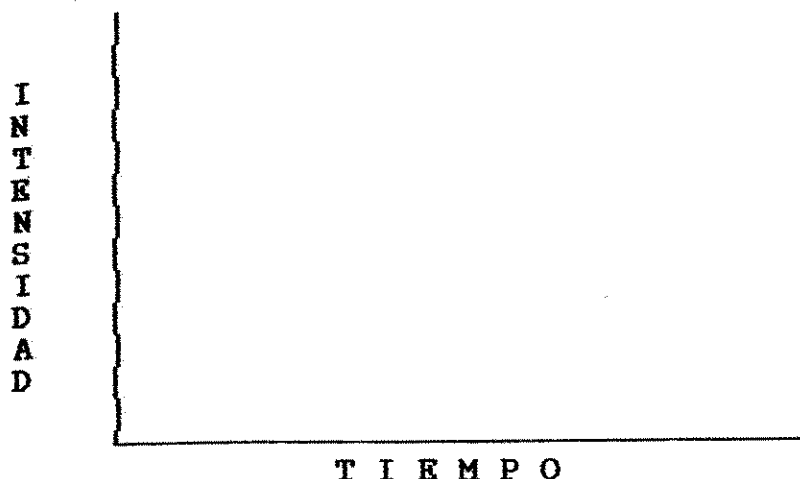
El factor climático más importante en relación con la erosión hídrica de los suelos es la lluvia.

Las características más importantes de la lluvia de acuerdo a la erosión que producen son: la intensidad, duración y frecuencia.

La intensidad de la lluvia, también llamada *Altura de Precipitación* o *Pluviometría Horaria*, se refiere a la cantidad de agua caída por unidad de superficie y por unidad de tiempo; la cual puede ser expresada en pulgadas o milímetros por unidad de tiempo. Es el factor pluviométrico más importante por su influencia sobre la escorrentía y erosión de los suelos, aunque ejerce mayor influencia en esta.

La duración de la lluvia se refiere al lapso de tiempo transcurrido desde el inicio hasta el final de un aguacero. Esta característica asociada con la intensidad determina la *Precipitación Total*.

El siguiente gráfico muestra la relación que existe entre la intensidad y la duración de la lluvia, mediante el cual podemos observar que a medida que aumenta la duración de la lluvia disminuye su intensidad.



No existe relación directa entre la intensidad y la cantidad total de lluvia precipitada. Esto se puede entender, con la explicación que se plantea a continuación:

Puede suceder que la misma cantidad de lluvia caiga en el año en dos regiones diferentes, pero esto se puede deber en uno de los casos a que el total de agua caída puede haber sido el producto de un buen número de lluvias leves y en el otro caso un pequeño número de aguaceros fuertes pueden haber sido los responsables de la cantidad total de lluvia caída.

Las tormentas de gran intensidad no son necesariamente las más frecuentes en áreas que tienen una alta precipitación anual.

Las lluvias con alta intensidad se presentan frecuentemente en períodos cortos, desarrollan una mayor actividad erosiva en los suelos, ya que se incrementa el tamaño, la velocidad de caída y la energía cinética (es el tipo de medida utilizada para determinar el potencial erosivo de la lluvia en función de su intensidad).



En cambio, las *lluvias de baja intensidad se presentan generalmente en períodos más largos*, por lo que su *acción erosiva disminuye*; así como las características de las gotas.

La *combinación poco frecuente de aguaceros de alta intensidad y larga duración*, trae como resultados grandes cantidades de agua precipitada, que causa a su vez *inundaciones devastadoras y serios daños por la erosión que causan*.

Si los intervalos entre lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo, al comenzar la lluvia aumentan los riesgos de que se originen *escorrentías*, aunque esta sea de baja intensidad. Si por el contrario, son largos los períodos entre lluvias, el suelo estará seco y no habrá *escorrentía* con aguaceros de baja intensidad. En el caso extremo la vegetación puede sufrir por falta de humedad y reducirse así la protección natural del terreno.

Al caer una lluvia de intensidad uniforme sobre un suelo, el agua se infiltra durante un lapso más o menos largo, según sean las condiciones de humedad y la intensidad de la precipitación. Después comienza la *escorrentía*, la cual va aumentando su volumen en proporciones cada vez más pequeñas hasta alcanzar un volumen estable.

La intensidad de la lluvia, la podemos determinar mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

donde:

I : Intensidad media de la tormenta

t : Duración de la tormenta

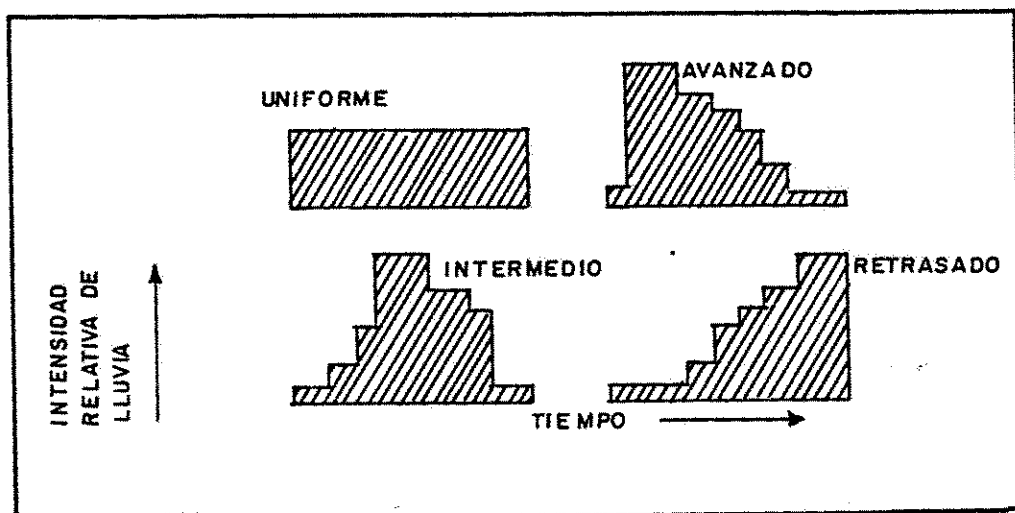
a y b : Constantes

Cuando la *intensidad se expresa en pulgadas por hora y la duración en minutos*, los valores de *a* y *b* son del orden de 120 y 40 respectivamente y si se *expresa en milímetros por hora* los valores correspondientes son 3000 para *a* y 40 para *b*.

El valor *a* a partir del cual una lluvia empieza a ser erosiva ha sido fijado en 30 mm/hr por unos autores, mientras que otros lo elevan a 50 mm/hr (Citado por Porta, et.al., 1994).

Como no existen dos aguaceros que posean exactamente las mismas relaciones en cuanto a tiempo e intensidad, es conveniente a menudo agruparlos de acuerdo a algunas de sus características más comunes, como son la intensidad. Para lo cual se han creado los *Modelos de Histogramas o Hietogramas de Intensidad* que pueden ser *graficados utilizando los datos obtenidos del pluviógrafo*.

En las siguientes figuras se muestran los cuatro patrones que representan arbitrariamente los Histogramas de Lluvia más comunes; los cuales fueron propuestos por Hornes y Jens (1942)



De acuerdo a las figuras presentadas anteriormente, podemos apreciar el modelo de lluvia *Avanzado* muestra las más *altas intensidades cuando el ritmo de infiltración es mayor*, por lo que se *reducen las posibilidades de escorrentías máximas*, en cambio el modelo de lluvia *Retrasado* puede causar *escorrentías máximas* porque las *intensidades altas ocurren cuando el ritmo de infiltración es mínimo y las demandas de retención superficial han sido satisfechas*.

La lluvia ejerce su acción erosiva sobre el suelo mediante el impacto de las gotas, las cuales caen con velocidad y energía variables según sea su diámetro y mediante la escorrentía.

A las gotas de agua de la lluvia se debe en su mayor parte la erosión de los suelos de las tierras de cultivo. La erosión del suelo requiere energía y la de un aguacero intenso es suficiente para que se efectúe este proceso. Las gotas de agua de la lluvia y la energía que estas poseen son las que sobre la superficie de un suelo desnudo dispersan los agregados del suelo.

El tamaño de una gota de agua determina la cantidad de energía que esta gota puede transferir. Cuando la intensidad de la lluvia aumenta, aumenta también el tamaño de cada una de sus gotas, y por lo tanto, al ser mayor el número de gotas y ser estas de mayor tamaño crece la energía del aguacero.

Laws y Parson (1943), encontraron que entre las gotas de lluvia hay algunas hasta de 7 milímetros de diámetro y que en cualquier tormenta, la distribución según su tamaño abarca un amplio margen de posibilidades y varía con la intensidad de la lluvia.

Las gotas de lluvia no son necesariamente esféricas ni aerodinámicas. Debido a la resistencia del aire, que presiona de manera desigual sobre las gotas esféricas, las que se deforman al caer. Las gotas grandes se dividen en el aire; las mayores de 5 milímetros de diámetro son generalmente inestables.

En los estudios sobre la erosión del suelo, la velocidad de las gotas es importante. Laws (1941), encontró que la velocidad de caída depende del tamaño de la partícula y que las gotas grandes caen más rápido. A medida que se incrementa la altura de caída, la velocidad aumenta solamente hasta una altura de aproximadamente 11 metros; entonces, las gotas llegan a una velocidad límite, que varía desde 5 m/seg para gotas de 1 milímetro hasta aproximadamente 9 m/seg para gotas de 5 milímetros de diámetro.

En función de la erosividad de la lluvia; esta ejerce sobre el suelo un efecto mecánico que se complementa con un efecto físico-químico.

*La erosividad de la lluvia es la capacidad potencial de la lluvia para causar erosión. Es una propiedad de la caída de la lluvia, la cual puede ser evaluada cuantitativamente como la capacidad potencial de la lluvia de causar erosión en circunstancias dadas.*

En un *suelo seco y sin protección vegetal*, sometido a la acción de la lluvia, se puede observar la *secuencia* de los siguientes *fenómenos*:

Las primeras gotas de lluvia son retenidas por el suelo, cuanto más este se encuentre mullido. La energía cinética de las gotas de agua esta parcialmente disipada por desplazamiento de las partículas de tierra; sola las partículas más finas pueden elevarse a veces en la atmósfera bajo el efecto del choque

Cuando la lluvia continúa cayendo el suelo se humedece, los terrones y agregados se disgregan en cierta medida humedeciéndose y el suelo en su conjunto adquiere una cierta cohesión. Las gotas de agua rebotan fragmentándose en múltiples gotitas que arrastran con ellas las partículas arrancadas a los terrones y a los agregados; y se produce el rebote en todos los sentidos de una mezcla de agua y de elementos terrosos

Cada vez que la intensidad de la precipitación sobrepasa a la velocidad de infiltración del suelo, se forma en la superficie del terreno una película de agua y después un charco. Como la llegada del agua se efectúa en gotas grandes sobre pequeñas superficies, se llega frecuentemente a saturaciones locales y con ello el material es susceptible de ser arrastrado posteriormente por la escorrentía.

La *Frecuencia de Lluvia*, también denominada *Período de Retorno o Intervalo de Repetición* es la *periodicidad media estadística en años con que pueden presentarse lluvias de características similares en cuanto a intensidad y duración*. En otras palabras, es el *promedio durante el cual la intensidad de lluvia dada para una duración dada igualara o excederá una vez el promedio*.

Los *períodos de retorno* más comúnmente utilizados son de 2, 5, 10, 15, 50 y 100 años. Para *trabajos de conservación de suelos*, las más utilizadas son las de 5 a 10 años. Ya que en la mayoría de los casos no es rentable realizar obras capaces de controlar el agua precipitada por aguaceros cuyos períodos de retorno sean de 25 años o mayores, a veces es preferible tener fallas periódicas que sobre diseñar las obras de conservación porque la reparación de los desperfectos producidos durante ese tiempo es todavía menos costosa que las disposiciones que podrían tomarse para establecer obras de mayor capacidad; solamente cuando estén de por medio vidas humanas o terrenos agrícolas de muy buena calidad se deben utilizar frecuencias de 25 años o más.

Por ejemplo cuando se habla de una frecuencia o período de retorno de 5 años, se espera que la magnitud de precipitación sea igualada o superada una vez cada cinco años.

Para calcular la frecuencia de lluvia, podemos utilizar la siguiente ecuación:

$$F = \frac{t}{m}$$

donde:

F : Frecuencia o período de retorno

t : Número total de años de registro

m : Número de orden de la lluvia

Es imposible para el hombre mantener bajo control el fenómeno de las lluvias o modificar sus características morfológicas, pero si puede estudiarlas en la extensión necesarias para conocerlas cabalmente y con esta base protegerse de sus efectos perjudiciales.

La *temperatura* y el *viento* son notable por sus *efectos* sobre la *evaporación* y la *transpiración*.

El *viento* cambia también la *velocidad de las gotas de agua* y el *ángulo de impacto*.

La *humedad y la radiación solar* son menos directa, ya que sus efectos están relacionados con la temperatura.

Los cambios de temperatura influyen en la infiltración y la percolación porque alteran la viscosidad del agua. Cuanto más alta es la temperatura, menos es la viscosidad del agua y mayor la velocidad de infiltración y percolación.

La variación de la temperatura desde la umbría a la solana de una elevación del terreno, ejerce sobre la erosión un efecto semejante al que se produce entre las regiones climáticas, pero en menor escala.

Por ejemplo, los suelos de las laderas que miran al sol a mediodía son más pobres en materia orgánica que los que miran en dirección contraria y en ellos es más probable que los agregados sean muy secos y susceptibles a una rápida dispersión al sobrevenir las lluvias.

#### **4.6.2.- SUELO**

Algunos suelos son propensos a sufrir erosión por la acción de la lluvia y de la escorrentia; otros en cambio son increíblemente resistentes, incluso durante lluvias torrenciales.

La *erodabilidad del suelo* es la *susceptibilidad del suelo a erosionarse*. Es una propiedad del suelo que puede ser evaluada cuantitativamente como la vulnerabilidad del suelo a la erosión en circunstancias dadas. Es función, tanto de las características fundamentales o inherentes del suelo (composición mecánica, química y física) y del tratamiento que se le da al suelo (forma de explotación).

Las propiedades de los suelos que determinan la erosión hídrica son: la textura, la estructura, la porosidad, la permeabilidad e infiltración, el contenido de materia orgánica.

Por lo tanto, las propiedades de los suelos que tienen efecto en la erosión causada por el agua las podemos agrupar de dos maneras: las que determinan la velocidad con que la lluvia penetra en el suelo y aquellas con que el suelo resiste a la dispersión y erosión durante la lluvia y escurrimiento.

## 4.6.2.1.- TEXTURA

El desprendimiento y transporte de las partículas de **suelo** constituyen dos fases del proceso de erosión hídrica. En general, el *desprendimiento de las partículas de suelo aumenta al aumentar el tamaño de las mismas, mientras que el transporte aumenta al disminuir dicho tamaño.*

Por lo antes expuesto, las *partículas de arcilla se desprenden con mayor dificultad que los granos de arena, pero en cambio, son más fáciles de transportar.*

La *textura* confiere al suelo *características* casi permanentes y se *modifican* solo si ocurren algunas de las siguientes *circunstancias*:

- . Mezcla por el laboreo de la capa superficial con las subyacentes que sean de textura diferente
- . Aportes de materiales de distinta textura, **generalmente** finas, por agua de riego, inundaciones, etc
- . Arrastre de partículas finas a causa de erosión hídrica y en especial de la eólica

Los *suelos de textura gruesa (arenosos)* poseen **espacios** porales grandes y poca cohesión. Durante una lluvia leve absorben toda el agua que reciben sin originar **corrientes** superficiales, pero como poseen baja proporción de **partículas** arcillosas que actúan ligando y manteniendo unidas a las partículas gruesas, al fluir cualquier corriente de agua sobre su superficie; esta arrastra grandes cantidades de suelo. Esta misma ausencia de partículas cimentadoras disminuye la **capacidad** retentiva en dichos suelos y durante periodos secos se **resienten** por falta de humedad.

Estos suelos debido al gran tamaño de sus **partículas** *resisten* relativamente la *erosión* a no ser que estén en pendientes y no son fácilmente transportables por el peso de sus partículas.

Los *suelos arcillosos (de textura fina)* poseen espacios porales muy pequeños, por lo que durante una lluvia normal, gran parte de las aguas no penetra en el terreno sino que corre superficialmente hacia las vías de drenaje. Estos suelos tienen buena cohesión y gran capacidad de retención de agua y ofrecen *mayor resistencia a la acción desintegradora de las corrientes superficiales.*

Desde este punto de vista, los *mejores suelos son los de textura intermedia (franco o franco-arcilloso)*, ya que las partículas de estos suelos son de diferentes tamaños y mezcladas en tales proporciones que minimizan los inconvenientes anteriormente mencionados.

#### **4.6.2.2.- ESTRUCTURA**

La *estructura del suelo es la unión y ordenación de las partículas de suelo por medio de cementos (arcillas, ácidos de hierro, coloides húmicos) en partículas compuestas o agregados. Es la propiedad más directamente relacionada con la erosión del suelo ya que determina tanto su capacidad de infiltración como su resistencia al arrastre.*

La estructura de la capa del suelo esta sometida a la acción de las máquinas y aperos de labranza y de los agentes meteorológicos que de manera más o menos enérgica atentan contra la estabilidad.

La *lluvia destruye la estructura del suelo superficial ya sea mecánicamente por efecto del golpe de las gotas o químicamente como dispersante.*

También el *agua actúa de manera indirecta; ya que al introducirse en los poros de un suelo seco, aprisiona en ellos las partículas del aire que al aumentar la presión, destruyen a los agregados por explosión; ya que la presión se vuelve superior a la cohesión.*

Entre más se dificulta la dispersión de las partículas del suelo, menor será la erosión; por ello los suelos que poseen una estructura granular debido a la presencia de materia orgánica y cal, son bastante resistentes a la dispersión.



#### 4.6.2.3.- POROSIDAD

La porosidad del suelo es la proporción del volumen del suelo no ocupado por su fase sólida; esta depende de la textura, estructura y de la actividad biológica del suelo.

La capacidad de infiltración de un suelo depende principalmente del volumen y distribución de macroporos y no del total de la porosidad, ya que estos son los que contribuyen a la circulación del agua por gravedad.

#### 4.6.2.4.- PERMEABILIDAD E INFILTRACION

Se denomina infiltración al movimiento del agua de la superficie al interior del suelo y a través de aberturas (poros naturales, grietas, hoyos de raíces y animales y cavidades producidas por el laboreo).

La profundidad del suelo, lo mismo que las condiciones físicas del subsuelo, contribuyen a la capacidad de almacenamiento de agua de los terrenos. Un suelo suelto y poroso, colocado sobre un substrato también poroso y de textura media, podrá absorber y retener mayores cantidades de humedad que un suelo de las mismas condiciones que repose sobre estratos duros, compactos o poco permeables.

La infiltración depende también del contenido de humedad del suelo al comenzar la lluvia. La capacidad de retención de agua de un suelo seco es considerable, por lo que la velocidad inicial de infiltración es muy grande hasta que dicha capacidad comienza a satisfacerse.

La velocidad de infiltración de un suelo seco es muy grande durante breve tiempo. A medida que el suelo se humedece la velocidad de infiltración disminuye rápidamente hasta que se alcance una velocidad de equilibrio, la cual depende de la textura y estructura del suelo.

El desplazamiento del agua en los suelos depende de diversas características propias de estos. Una de estas características es la porosidad. El agua se desplaza más fácilmente en un suelo poroso que en un suelo compacto, debido al obstáculo que opone el flujo líquido el suelo compacto.

#### 4.6.2.5.- MATERIA ORGANICA

La incorporación al suelo de materia orgánica, ya sea en forma de abono, de estiércol o de abono verde suele ser en general eficaz para reducir la erosión y el escurrimiento.

Entre las ventajas que proporciona la materia orgánica al suelo, en relación a la erosión, podemos mencionar las siguientes:

- Mejora la condición estructural del suelo, su aireación y aumenta su capacidad para conservar la humedad y cederla prontamente a las raíces de las plantas
- Refuerza la cohesión de las partículas del suelo, actuando como un estabilizador de la estructura; por lo que da al suelo mayor resistencia contra la destrucción de los agregados por el agua y su posterior arrastre

#### 4.6.3.- TOPOGRAFIA

Las características topográficas que influyen en la erosión hídrica son: la inclinación o grado de declive, longitud del declive, curvatura del declive y el tamaño y forma de la cuenca hidrográfica.

##### 4.6.3.1.- INCLINACION DEL TERRENO

La inclinación del terreno es uno de los factores importantes de la erosión del suelo.

En las tierras planas, la erosión hídrica es generalmente inapreciable, el problema que en ellas puede presentarse es el del depósito (sedimentación) y no el de erosión.

A medida que la pendiente del terreno aumenta, aumenta la erosión. En terrenos con pendientes mayores del 10%, la erosión es el factor más grave con que se tropieza el cultivo agrícola. Todos los suelos con pendientes considerables están sujetos a la erosión por salpicamiento y al desplazamiento de las partículas del suelo en sentido descendente.

#### 4.6.2.3.- POROSIDAD

La porosidad del suelo es la proporción del volumen del suelo no ocupado por su fase sólida; esta depende de la textura, estructura y de la actividad biológica del suelo.

La capacidad de infiltración de un suelo depende principalmente del volumen y distribución de macroporos y no del total de la porosidad, ya que estos son los que contribuyen a la circulación del agua por gravedad.

#### 4.6.2.4.- PERMEABILIDAD E INFILTRACION

Se denomina infiltración al movimiento del agua de la superficie al interior del suelo y a través de aberturas (poros naturales, grietas, hoyos de raíces y animales y cavidades producidas por el laboreo).

La profundidad del suelo, lo mismo que las condiciones físicas del subsuelo, contribuyen a la capacidad de almacenamiento de agua de los terrenos. Un suelo suelto y poroso, colocado sobre un substrato también poroso y de textura media, podrá absorber y retener mayores cantidades de humedad que un suelo de las mismas condiciones que repose sobre estratos duros, compactos o poco permeables.

La infiltración depende también del contenido de humedad del suelo al comenzar la lluvia. La capacidad de retención de agua de un suelo seco es considerable, por lo que la velocidad inicial de infiltración es muy grande hasta que dicha capacidad comienza a satisfacerse.

La velocidad de infiltración de un suelo seco es muy grande durante breve tiempo. A medida que el suelo se humedece la velocidad de infiltración disminuye rápidamente hasta que se alcance una velocidad de equilibrio, la cual depende de la textura y estructura del suelo.

El desplazamiento del agua en los suelos depende de diversas características propias de estos. Una de estas características es la porosidad. El agua se desplaza más fácilmente en un suelo poroso que en un suelo compacto, debido al obstáculo que opone el flujo líquido el suelo compacto.

**4.6.2.5.- MATERIA ORGANICA**

La *incorporación al suelo de materia orgánica*, ya sea en *forma de abono, de estiércol o de abono verde* suele ser en general eficaz para *reducir la erosión y el escurrimiento*.

Entre las *ventajas* que proporciona la *materia orgánica al suelo*, en relación a la *erosión*, podemos mencionar las siguientes:

- Mejora la condición estructural del suelo, su aireación y aumenta su capacidad para conservar la humedad y cederla prontamente a las raíces de las plantas

- Refuerza la cohesión de las partículas del suelo, actuando como un estabilizador de la estructura; por lo que da al suelo mayor resistencia contra la destrucción de los agregados por el agua y su posterior arrastre

**4.6.3.- TOPOGRAFIA**

Las *características topográficas* que influyen en la *erosión hídrica* son: la *inclinación o grado de declive*, *longitud del declive*, *curvatura del declive* y el *tamaño y forma de la cuenca hidrográfica*.

**4.6.3.1.- INCLINACION DEL TERRENO**

La *inclinación del terreno* es uno de los factores importantes de la *erosión del suelo*.

En las *tierras planas*, la *erosión hídrica* es generalmente *inapreciable*, el *problema* que en ellas puede presentarse es el del *deposito (sedimentación)* y no el de *erosión*.

A medida que la *pendiente del terreno aumenta*, *aumenta la erosión*. En terrenos con pendientes mayores del 10%, la *erosión* es el factor más grave con que se tropieza el cultivo agrícola. Todos los suelos con pendientes considerables están sujetos a la *erosión* por salpicamiento y al desplazamiento de las partículas del suelo en sentido descendente.

Los suelos arenosos sufren poco la erosión cuando la pendiente es pequeña; pero están sujetos a una erosión intensa cuando dicha pendiente es grande. En los suelos franco-limosos y francos este fenómeno es menos perceptibles durante varios años, pero en los arenosos puede ocasionar un considerable desplazamiento de arena en corto periodo de tiempo.

*La inclinación del terreno influye de diversas maneras en la erosión:*

Cuando la pendiente del terreno es mayor, la velocidad del agua de escurrimiento será mayor, por lo que la cantidad de suelo desprendido de su sitio y llevado a otro lugar será mayor. Esto se debe a que el agua se detiene menos en la superficie del terreno porque los surcos y las depresiones existentes en el tienen menos capacidad

En los terrenos inclinados no se pueden formar las capas de agua que se forman en los terrenos planos durante las lluvias intensas y que contribuyen a disipar la energía de las gotas de agua de la lluvia. La capa superficial de materia fina que se acumula sobre el suelo durante los aguaceros intensos y que contribuye a protegerle de la denudación es desprendida y arrastrada a su vez. El desprendimiento y el transporte de esta capa dejan al descubierto materias fácilmente separables del suelo y facilitan la erosión de este

#### 4.6.3.2.- LONGITUD DE LA PENDIENTE

La longitud de la pendiente de un terreno se define como la *distancia desde el punto de origen del flujo de agua sobre el terreno hasta:*

*El punto donde la pendiente de un terreno disminuye, de manera tal que comienza el depósito de los arrastres*

*El punto donde el agua de escurrimiento penetra en un surco bien definido, que puede pertenecer a una red de drenaje, a un cause de una terraza o a un cause de derivación*

La erosión aumenta cuando es mayor el largo del declive, debido a que el volumen mayor de agua suele acumularse a lo largo de las pendientes largas con el consiguiente aumento de la velocidad del escurrimiento.

Cuando el agua desciende por un terreno inclinado se pierde más suelo en la parte inferior que en la parte superior del mismo (Smith y Wischmeir, 1957).

Al saturarse de humedad, el suelo, el agua de escurrimiento se acumula a todo lo largo de la pendiente, aumentando su volumen y velocidad y con ello sus daños.

La manera de reducir la erosión en los declives largos consiste en dividir estos en segmentos. Para lo cual se construyen terrazas a intervalos a través de los declives con objeto de interceptar el agua de escurrimiento y llevarla a cauces cubiertos de vegetación, donde esta pueda correr sin peligro para el terreno.

Al expresar la erosión en función de la longitud de la pendiente hay que distinguir entre Pérdida Total de Suelo y Pérdida de Suelo por unidad de superficie, ya que en una pendiente más larga se experimenta mayor pérdida de suelo, no sólo por sufrir una mayor erosión, sino por corresponder a un área mayor.

#### **4.6.3.3.- CURVATURA DE LA PENDIENTE**

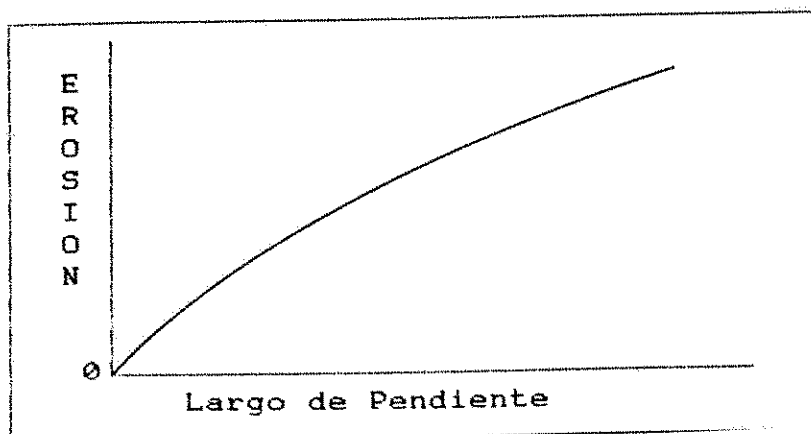
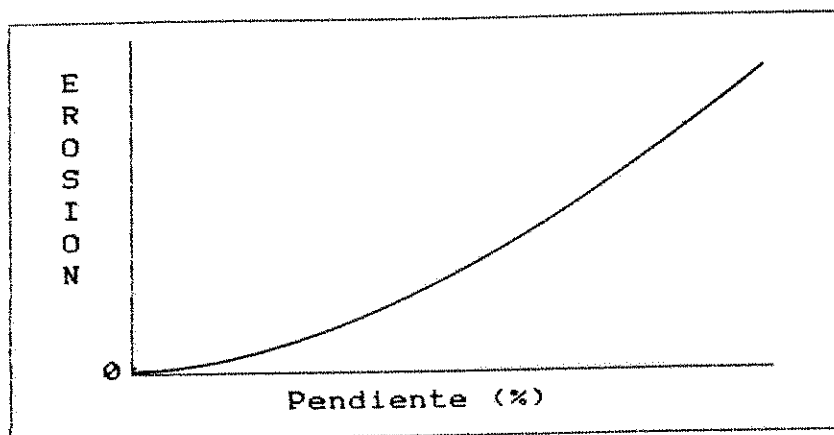
El perfil de una pendiente puede ser recto, convexo, cóncavo, cóncavo-convexo y ondulado (Zachar, D. 1982).

La inclinación de las pendientes convexas aumenta hacia el pie de las mismas, lo que aumenta la velocidad del agua de escurrimiento y también por la acción de salpicamiento de las gotas de agua de la lluvia el horizonte superficial desaparece de la parte más inclinada de la pendiente, cuando esta se encuentra desprotegida durante los períodos de lluvias intensa.

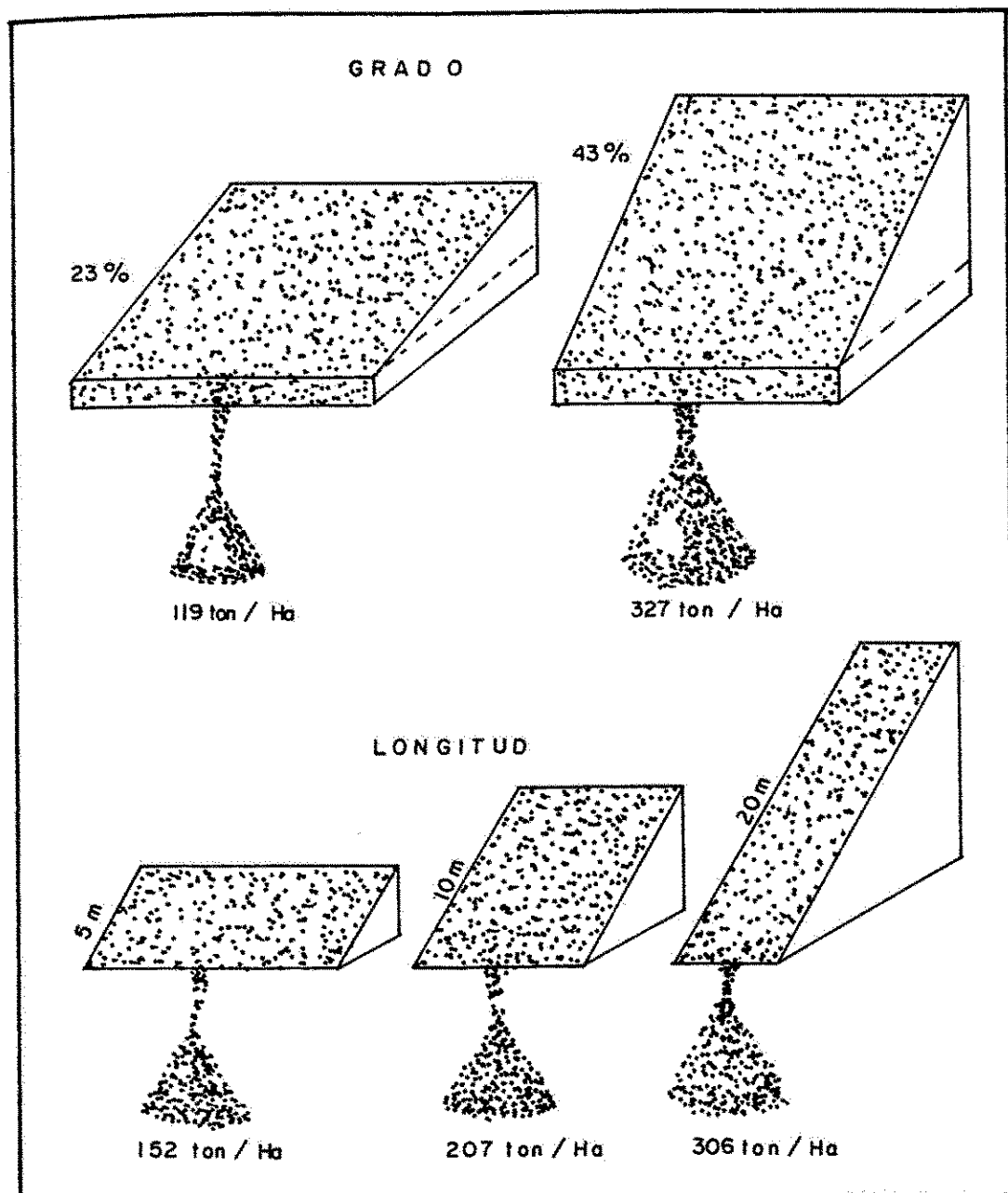
Las pendientes cóncavas se aplanan hacia su parte baja y los sedimentos arrastrados por el agua de escurrimiento se depositan en esa parte a medida que disminuye la velocidad del agua. Pero, cuando llueve mucho y el agua corre a gran velocidad, puede ocurrir que el agua se concentra en las pendientes cóncavas y se inicie la formación de cárcavas. Si estas no se forman, se acumula en la parte baja de la pendiente suelo superficial, rico en materia orgánica, que aumenta el valor agrícola de dicha parte.

En las pendientes convexas no hay depósito, solamente remoción por lo que estas pendientes se empobrecen progresivamente.

En la siguientes figuras se muestra la relación que existe entre el grado de pendiente, el largo de la pendiente y la erosión. (Tomado de Cubero, D. 1994)



En la siguiente figura se muestran los efectos de la pendiente del terreno sobre la perdida de suelo por escorrentía en lotes de igual área con suelos coluviales (Tomado de un experimento realizado por Cenicafé 1949-1956)





## 4.6.3.4.- TAMANO Y FORMA DE LA CUENCA HIDROGRAFICA

El tamaño y forma de la cuenca hidrográfica es un *factor que influye en el escurrimiento superficial*, ya que al incrementarse el tamaño de la cuenca se aumenta el volumen escurrido. Las cuencas compactas (redondeadas) presentan un escurrimiento superficial mayor que aquellas de igual tamaño, pero de forma estrecha y alargada, ya que en estas últimas, los escurrimientos se concentran más lentamente y es menos probable que una lluvia intensa las cubra uniformemente.

## 4.6.4.- VEGETACION

La *cubierta vegetal es la mejor defensa natural de un terreno contra la erosión*. Toda planta, desde la más minúscula hierba hasta el árbol más corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporciones diferentes.

Los efectos de la vegetación varían según la estación, la planta, el grado de maduración, el suelo y el clima, así como también con la clase de material vegetal, es decir, las raíces, el follaje y los residuos de las plantas.

Según Ayres las *principales funciones que realiza la vegetación para reducir la fuerza erosiva del agua* son las siguientes:

- . Dispersión directa, intercepción por el follaje y evaporación de gotas de agua de lluvia, que en esa forma no llegan al terreno
- . Transpiración a través de los tejidos de grandes cantidades de humedad que pasan de estratos profundos al aire. Esto disminuye la humedad del suelo y aumenta la capacidad de almacenamiento del agua en el mismo
- . Protección directa contra el impacto de las gotas de lluvia
- . Efecto sujetador del sistema radicular sobre las partículas del suelo

Penetración de las raíces a través del perfil del suelo, las cuales al morirse y descomponerse dejan numerosas cavidades tubulares que aumentan la infiltración y mejoran la aireación del suelo

Mejoramiento de la estructura del suelo y consiguientemente aumento de la infiltración debido al suministro de materia orgánica

Aumento de la fricción superficial y dispersión lateral de la escorrentía, lo cual reduce su volumen y disminuye su velocidad

De todos estos *efectos*, los más *notables* son los relacionados con el *aumento de la infiltración* y con la *protección directa contra el impacto de las lluvias*.

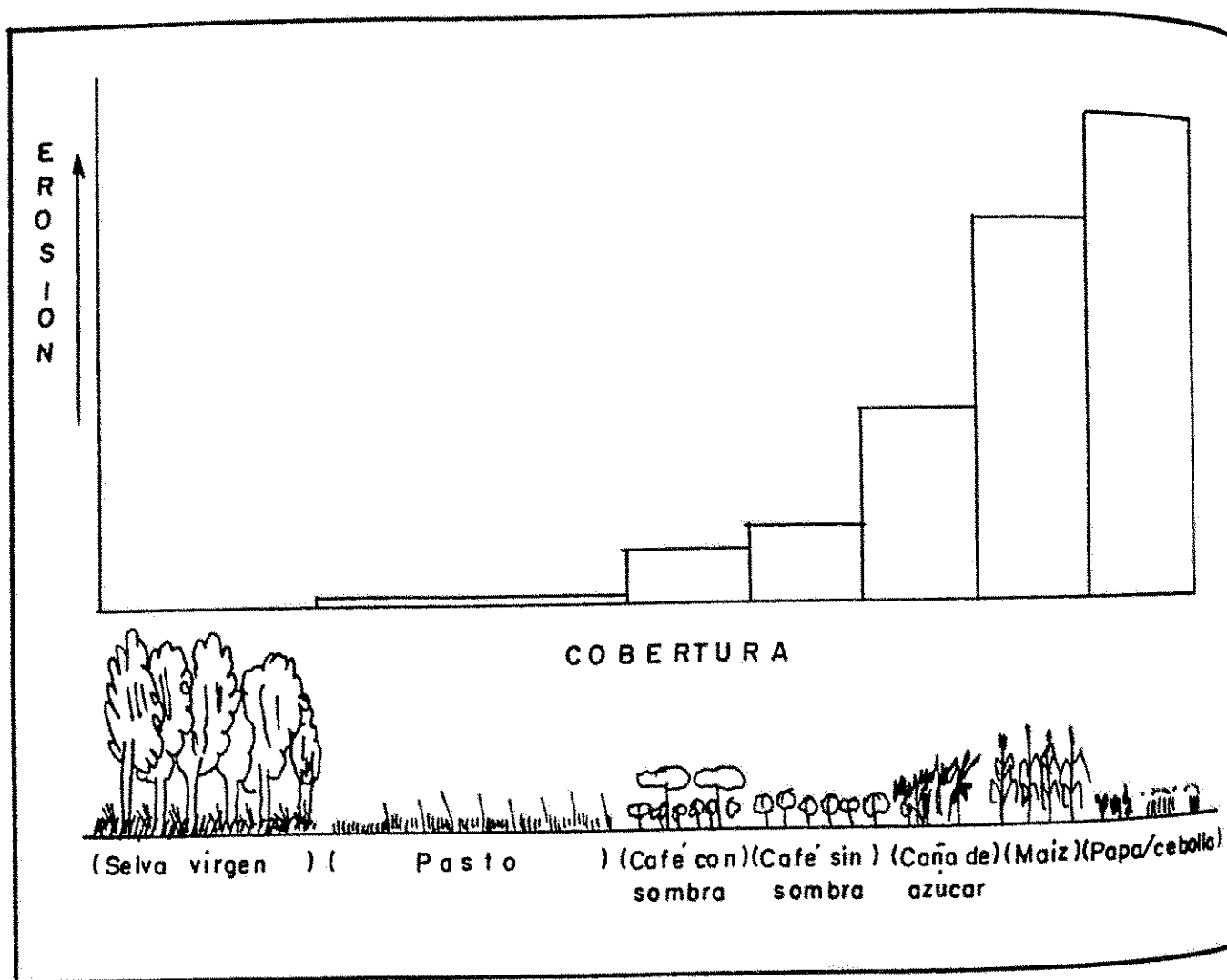
Cuando una gota de lluvia golpea un terreno cubierto con una vegetación densa, esta se rompe en minúsculas gotitas de agua clara que penetran fácilmente en los innumerables intersticios y canales del suelo. Cuando esa gota golpea un suelo desnudo, la fuerza del impacto desprende partículas que quedan en suspensión y a medida que el agua se infiltra, se depositan en los espacios porales del suelo, obstruyéndolos y dificultando el paso posterior del agua, la cual se ve obligada a fluir sobre la superficie del terreno.

Durante un aguacero fuerte, varios miles de millones de gotas de agua, golpean cada hectárea de terreno. Si el terreno está sin vegetación, las gotas desprenden y salpican cientos de toneladas de partículas de suelo, las cuales son fácilmente transportadas por el agua.

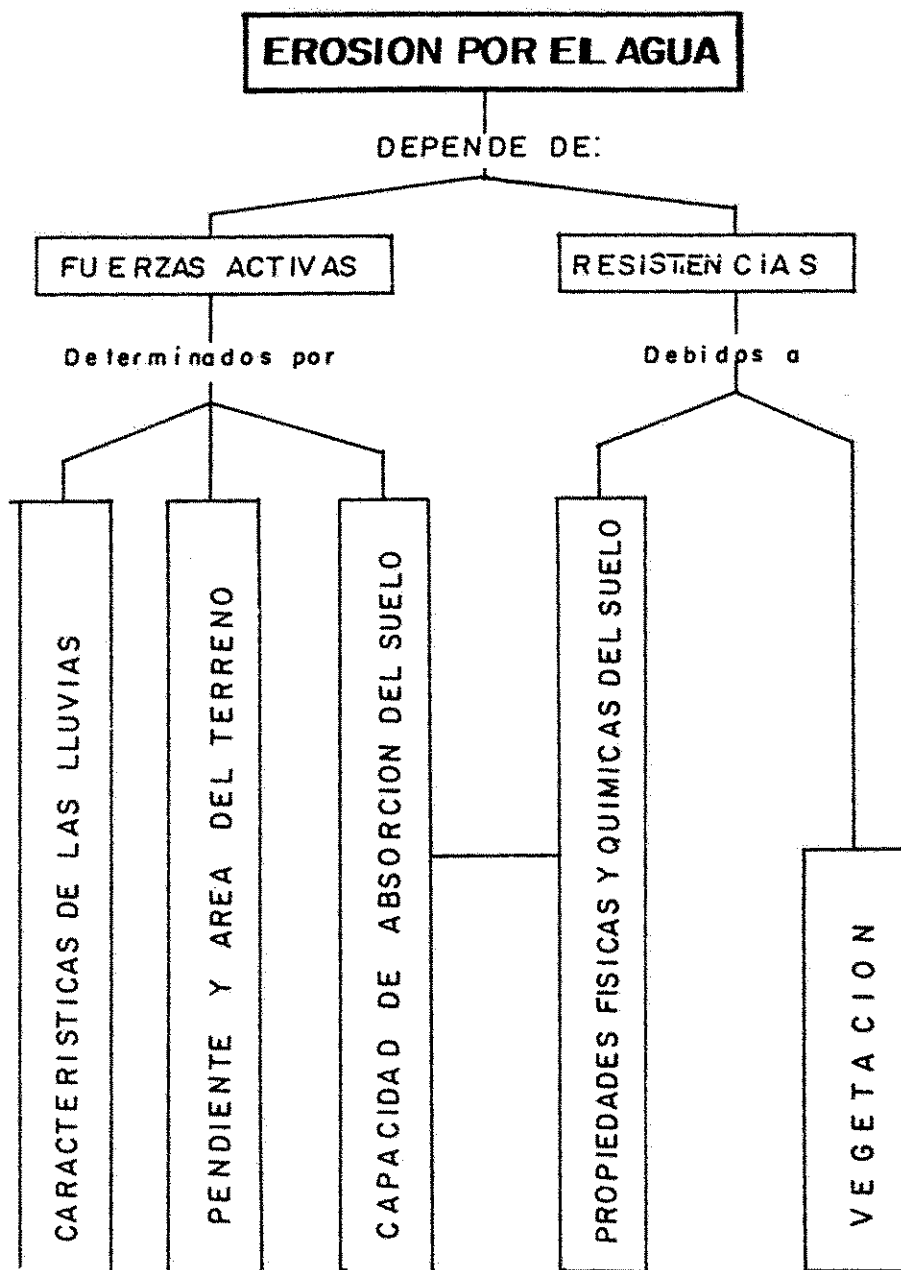
Pero cuando es densa la vegetación a ras del suelo o es densa la capa de restos vegetales sobre el terreno, la fuerza del impacto de las gotas de lluvia queda amortiguada, permitiendo que el agua llegue suavemente al terreno, sin energía suficiente para desprender partículas de suelo.

Además la vegetación al morir y descomponerse, aumenta el contenido de materia orgánica y de humus del suelo y con ello la porosidad y capacidad de retención de agua de los terrenos.

En la siguiente figura se muestra el aumento de la erosión en función de la Cobertura Vegetal (Tomado de Cubero, D., 1994)



En el siguiente esquema se presenta un resumen de los factores que afectan la Erosión Hídrica (Tomado de Suárez de Castro, 1982)



# **CAPITULO V**

## **EROSION EOLICA**

## 5.1.- DEFINICION Y GENERALIDADES

La erosión eólica es el proceso de remoción del suelo causado por la acción del viento, después de la erosión hídrica es la forma de erosión que más afecta a las tierras agrícolas.

Esta forma de erosión se presenta con más frecuencia en las regiones áridas y semi-áridas y relativamente planas donde ha sido removida la vegetación protectora del suelo y donde soplen vientos de considerable intensidad, pero también puede acontecer en zonas de lluvias estacionales. Esto no excluye la posibilidad de que exista esta forma de erosión en áreas de alta precipitación, donde por condiciones edáficas o por remoción de la vegetación natural, la cobertura del suelo ha desaparecido. Es también una característica común donde existen terrenos arenosos bajo cultivo.

Bajo condiciones naturales de vegetación y condiciones normales del suelo, la erosión eólica ocurre en forma suave a ritmo geológico, pero en áreas cultivadas sus resultados son muy serios. Al igual que la erosión hídrica la erosión eólica aumenta a medida que disminuye la vegetación, es por este motivo que la erosión eólica es más común en áreas desérticas, donde por efecto de la poca precipitación la vegetación es escasa.

Los suelos superficiales acarreados por el viento pueden ser transportados a enormes distancias y al igual que sucede con los erosionados por el agua, se depositan generalmente donde no hacen falta.

Las tormentas de arena han constituido siempre un peligro para los habitantes de los desiertos. En algunos lugares desérticos, la erosión eólica llega a ser más importante que la erosión hídrica.

Las causas físicas de la erosión eólica son netamente diferentes de las que permiten que el suelo sea arrastrado por las aguas, salvo un factor que es constante en toda erosión causada por el hombre, la falta de vegetación para afianzar el suelo y cubrirlo.

Como la causa fundamental de la erosión eólica acelerada es el agotamiento de la cubierta vegetal el remedio lógico parece estar en reponerla en cantidad y eficacia equiparables a la que existían en condiciones naturales.

En la erosión eólica a *diferencia de la erosión hídrica*, es la *energía del viento al agente que realiza el proceso erosivo*; esta energía, a su vez, está en relación directa con su velocidad, de tal manera que este podrá mover más partículas y de mayor tamaño entre más alta sea su velocidad.

A diferencia de la erosión hídrica, la erosión eólica presenta serias *dificultades para ser cuantificada en forma práctica bajo condiciones de campo*.

Cuando la tierra carece de vegetación protectora y la humedad es escasa, el suelo desnudo estará a merced del viento.

Las *condiciones favorables* para que se presente el *proceso de erosión eólica* en un suelo se da cuando concurren los siguientes factores:

- . El suelo aparece suelto, seco y finamente dividido en cierto grado
- . La superficie del suelo es más bien lisa, con poca o ninguna cubierta vegetal
- . El campo es suficientemente extenso
- . El viento es lo suficientemente fuerte para iniciar el movimiento del suelo

## 5.2.- *DANOS QUE CAUSA LA EROSION EOLICA*

Entre los daños que causa la erosión eólica podemos mencionar los siguientes:

- . Cambio en la textura del suelo; es el efecto más grave y significativo que causa la erosión eólica, ya que el viento arrastra y transporta las fracciones más finas del suelo (limo, arcilla y materia orgánica) y deja las fracciones mayores

Este efecto seleccionador no solo elimina los materiales más importantes desde el punto de vista de la productividad y de la retención de agua, sino que el suelo que queda es más arenoso y por lo tanto más erosionable que el original. Cuando este proceso perdura, la productividad de las tierras afectadas disminuye poco a poco.

- Reduce el valor de las tierras en que actúa si los materiales que arrastra el viento son arenosos, se perjudicarán las tierras agrícolas donde estos se acumulen. La erosión eólica no beneficia ni al lugar donde se origina, ni a aquel donde se depositen los materiales
- Los habitantes del campo y la ciudad sufren molestias y a veces graves enfermedades respiratorias o incluso la muerte como consecuencia de la inhalación de polvo
- Muerte de los animales domésticos y selváticos por sofocación
- Los insectos y semillas de malezas pueden ser transportados por el viento y llegar hasta campos que se encuentren libres de ellos
- La hierba, los árboles, los arbustos y los setos pueden quedar enterrados en parte o por entero
- Las vías de ferrocarriles y carreteras quedan bloqueados por las arenas transportadas por el viento, lo que provoca gastos de mantenimiento adicionales
- Recubrimiento de campos cultivados o de las áreas de pastizales por el suelo transportado
- Obstrucción o aterramiento de cercas, zanjales y canales.
- Daños a los cultivos, sobre todo en su fase de plántula, por la acción de la arena transportada por el viento. Lo que provoca una grave disminución en los cultivos y posteriormente en el rendimiento y calidad de estos; en casos extremos las plántulas tiernas pueden quedar totalmente destruidas. Otras veces el viento arranca sólo la tierra necesaria para dejar al descubierto las raíces de las plantas o la semilla aún sin germinar



Por ello los *procedimientos* que se utilicen para el control de la *erosión eólica* tendrán que:

- . Producir o hacer llegar hasta la superficie del suelo agregados o terrones que sean lo suficientemente grandes para resistir la fuerza ejercida por el viento
- . Crear una superficie irregular en los terrenos para reducir la velocidad del viento y capturar las partículas transportadas
- . Establecer barreras o fajas trampas a determinados intervalos para reducir la velocidad del viento y el incremento de la carga transportada
- . Establecer y mantener una vegetación o una cubierta de residuos vegetales que protejan el suelo

### 5.3.- PROCESO DE EROSION EOLICA

#### 5.3.1.- MOVILIZACION DEL VIENTO

Es una creencia generalizada que el viento se mueve en una sola dirección, pero el viento al avanzar genera a su vez otros *tres tipos de movimiento* que son:

##### 5.3.1.1.- REMOLINOS

Este tipo de movimiento presenta el *aspecto de un embudo giratorio (tolva)* ubicado sobre un solo punto del terreno, es *característico del período de sequía*.

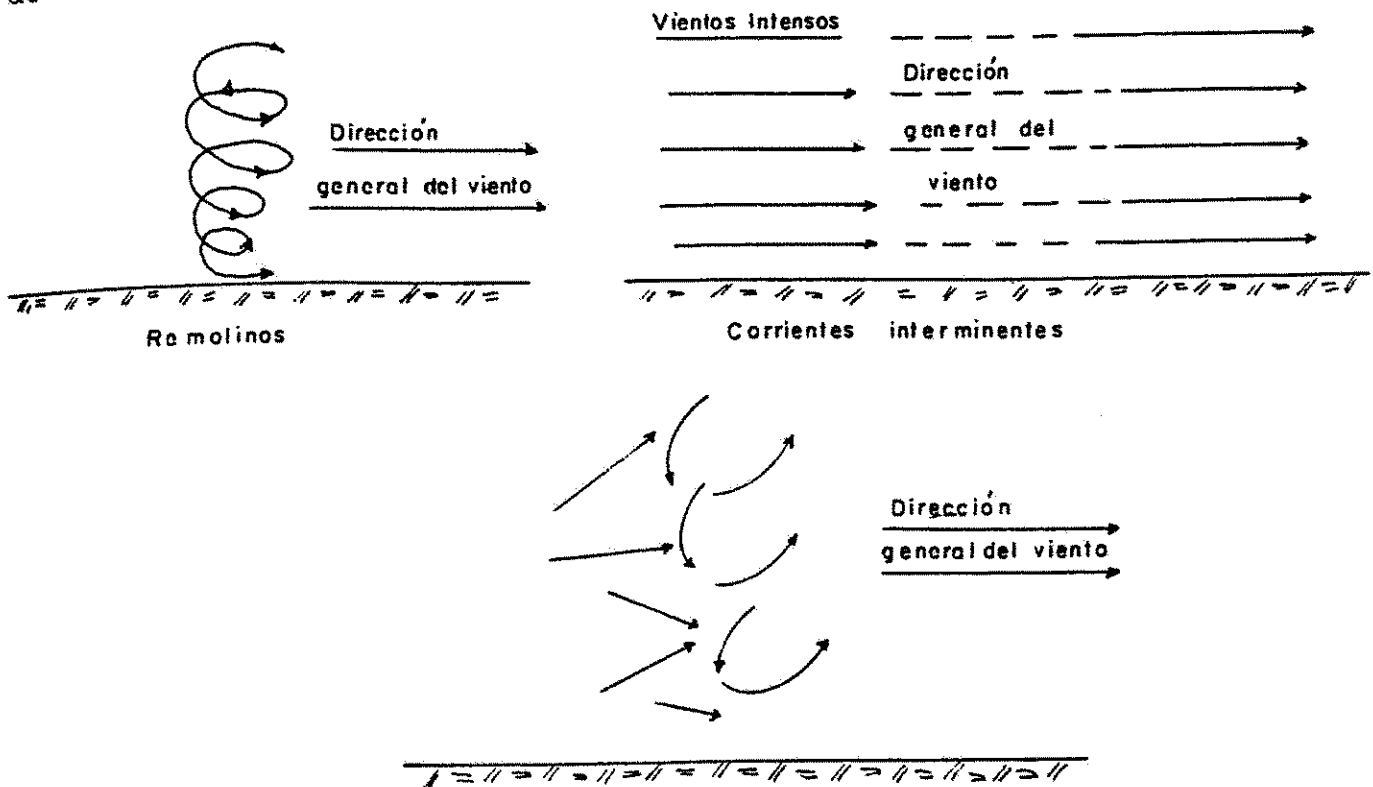
##### 5.3.1.2.- CORRIENTES INTERMITENTES DE AIRE

Son *variaciones repentinas de mayor y menor intensidad del viento*.

##### 5.3.1.3.- TORBELLINOS

Son *choques de una corriente con un remolino, que producen una gran agitación dentro de la masa de aire*.

La siguiente figura nos muestra las diferentes formas de movilización que puede presentar el viento (Tomado del Manual de Conservación del Suelo y del Agua del Colegio de Post-graduados de Chapingo, México, 1982)



El viento a través de sus diferentes movimientos, actúa sobre el *desprendimiento y transporte del suelo* a lo largo de distancias variables de acuerdo a su velocidad, tamaño de las partículas y la rugosidad del terreno.

El movimiento de las partículas del suelo es causado por la fuerza que el viento ejerce contra la superficie del terreno. Es la velocidad del viento la que determina la magnitud de la fuerza que este ejercerá sobre el suelo.

Existe un gradiente en la velocidad de desplazamiento del viento; la velocidad es mínima cerca del suelo y va aumentando proporcionalmente al logaritmo de la altura sobre la superficie. Este gradiente de la velocidad es el que determina la magnitud de la fuerza ejercida.

Es así que a muy poca altura sobre la superficie del suelo, generalmente entre 0.3 y 2.5 milímetros en un terreno desnudo y relativamente liso, la velocidad del viento es casi nula. A poca altura por encima de este nivel el flujo del aire es laminar e inmediatamente después de esta capa el flujo es turbulento.

Este aire turbulento es el que desencadena las fuerzas que causan el movimiento del suelo. Las partículas de suelo u otros salientes de la superficie que penetren en esta capa de aire, absorberán la mayor parte de las fuerzas que actúen sobre la superficie.

Si las partículas de suelo son suficientemente grandes o están unidas a otras, podrán resistir el empuje de los vientos fuertes; por el contrario, si se hallan sueltas o no son muy pesadas, el viento podrá levantarlas y con ello iniciar el movimiento del suelo. Generalmente todos los vientos de velocidad comprendida entre 1.5 y 3 km/hr provocan corrientes turbulentas.

La altura de la velocidad cero depende de las irregularidades del terreno. A medida que estas aumenten, ya sea por la presencia de partículas mayores, por la formación de camellones o por la presencia de vegetación, residuos vegetales u otras barreras en la superficie del suelo, el nivel de la velocidad cero asciende con relación a la altitud superficial media.

De esta forma, la fuerza de las corrientes turbulentas serán absorbidas por tales obstáculos, reduciéndose así el riesgo de que las partículas pequeñas del suelo sean transportadas por el viento.

Este mecanismo constituye el principio fundamental en el que se deben basar las medidas que se tomen para el control de la erosión eólica, ya que el objetivo de esta es:

Crear una superficie con partículas suficientemente grandes para impedir el movimiento inicial; para ello es necesario formar y mantener terrones estables

Proteger las partículas erosionables reduciendo la fuerza ejercida sobre ellas; para esto es preciso alomar o revolver la superficie del suelo para proteger las partículas más finas o mantener una cubierta vegetal, residuos de plantas u otras barreras que reduzcan la velocidad del viento cerca de la superficie del suelo

*La velocidad mínima del viento suficiente para iniciar el movimiento de las partículas del suelo más erosionable (diámetro aproximado de 0.1 milímetro) es de unos 16 km/hr a una altura de 30 centímetros.*

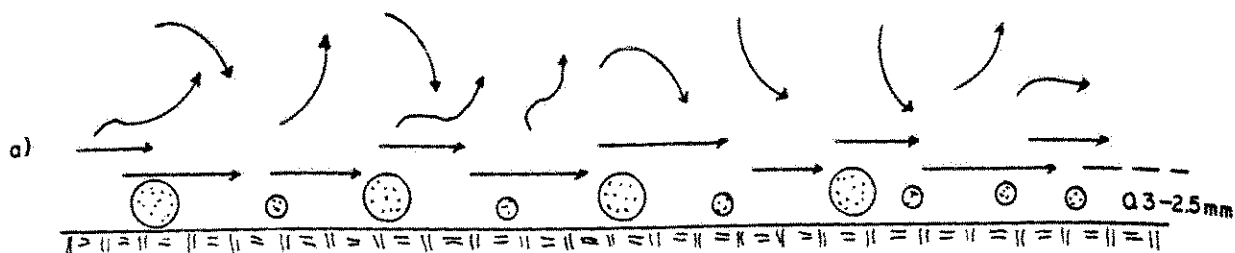
El límite práctico en condiciones de campo, cuando existe una mezcla de partículas de materiales diversos y de tamaño diferente, es de unos 20 km/hr a la misma altura.

*Las partículas cuyo diámetro aproximado es de 0.1 milímetros presentan una relación tamaño-peso favorable para la iniciación del movimiento; si la superficie es lisa, sobresalen lo suficiente para absorber fuerzas apreciables y si son bastante ligeras para ser fácilmente desplazadas.*

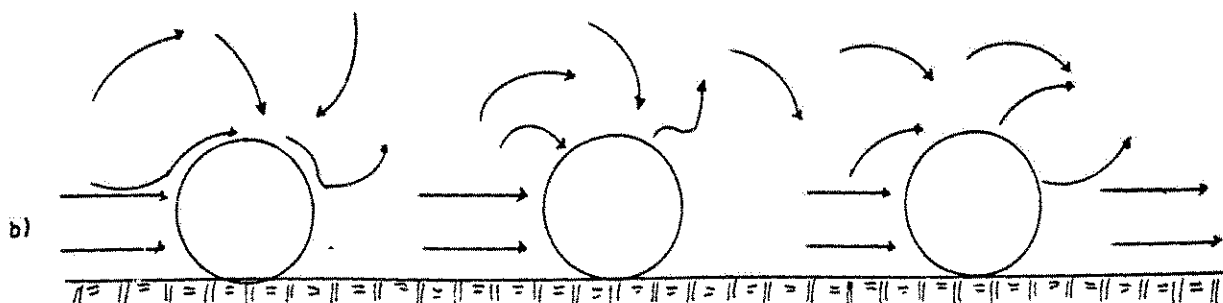
*Las partículas de diámetro menor a 0.1 milímetros tienen una gran cohesión, no sobresalen apreciablemente en la capa turbulenta; por lo que son menos erosionables. Las partículas mayores tienen un peso tal en relación con la distancia a que sobresalen que requieren de vientos más fuertes para iniciar su movimiento. Las partículas de alrededor de 1 milímetro de diámetro, solamente las mueven los vientos muy fuertes.*

Debemos tener presente que la fuerza ejercida aumenta con la velocidad del viento; por lo que no podemos afirmar que existen partículas de suelo que por su tamaño no son erosionables.

Las figuras que se presentan a continuación nos muestran la trayectoria del viento sobre una superficie (Tomado de FAO, 1961)



Las partículas pequeñas de suelo no penetran en la capa turbulenta y no son arrastradas por el viento



Las partículas de mayor tamaño penetran en la capa turbulenta y son susceptibles al arrastre por el viento

**5.3.2.- MOVIMIENTO DE LAS PARTICULAS DEL SUELO POR ACCION DEL VIENTO**

Una vez iniciado el movimiento de las partículas del suelo, estas serán transportadas por el viento, presentando tres tipos simultáneos de movimiento dependiendo de su tamaño en relación con la velocidad y turbulencia del viento. Estos tipos de movimiento son: *Saltación, Suspensión y Rodamiento.*

La mayor cantidad del movimiento de las partículas de suelo se lleva a cabo cerca de la superficie, en alturas no mayores de 1 milímetro. Más arriba, de este rango la única forma común de transporte es la suspensión, mientras que cerca de la superficie del suelo se registran los tres tipos de movimiento.

A continuación analizaremos cada uno de los movimientos que presentan las partículas del suelo cuando son transportadas por el viento.

**5.3.2.1.- SALTACION**

Es el principal y más importante movimiento de las partículas de suelo realizado por la acción del viento, la mayor parte del suelo se mueve de esta manera y los otros dos tipos de movimiento de las partículas están sujetos a que previamente haya habido saltación.

Este tipo de movimiento afecta partículas de diámetro comprendido entre 0.05 y 0.5 milímetros siendo las más vulnerables las de 0.1 a 0.15 milímetros. Estos límites establecidos obedecen a observaciones prácticas, por lo que no deben considerarse de una manera estricta.

El movimiento de las partículas del suelo por saltos, es causado por la presión que ejerce el viento sobre las partículas de suelo y por la colisión de estas con otras partículas.

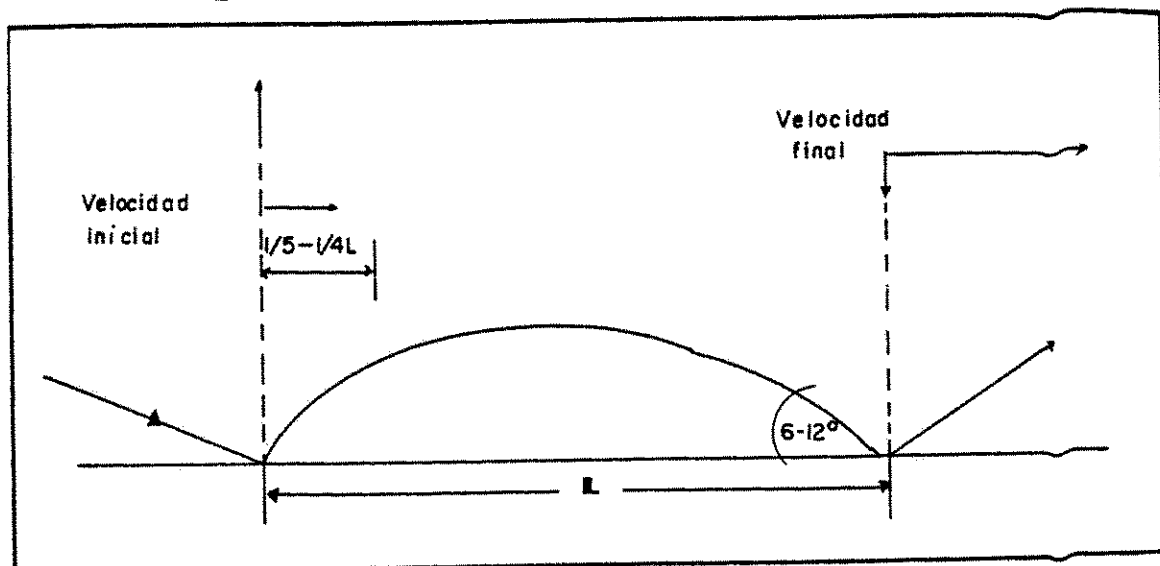
Al ir cobrando fuerza el viento, su presión frontal imparte a las partículas de suelo una velocidad horizontal; estas ruedan primero y luego se deslizan en forma paralela al piso. Al impactar con el suelo o algún obstáculo, su velocidad horizontal se convierte en vertical, por lo que son lanzadas hacia arriba describiendo al regresar al suelo una trayectoria parabólica.

Al caer al piso las partículas saltantes rebotan y vuelven a saltar, o bien hacen saltar a otras. De esta forma se genera un intercambio continuo entre las partículas que saltan y las que se mueven por otros medios.

La altura de los saltos depende de la densidad de las partículas, del relieve y de la velocidad del viento.

Según Bagnold (1941), la altura es generalmente de unos 30 centímetros, pocas veces más de 45 centímetros y el desplazamiento longitudinal es de 30 hasta 200 centímetros.

La trayectoria característica de una partícula de suelo que se mueve en el aire por saltos se muestra en la siguiente figura (Tomado de Bagnold, 1941)



Según la figura presentada anteriormente podemos decir que:

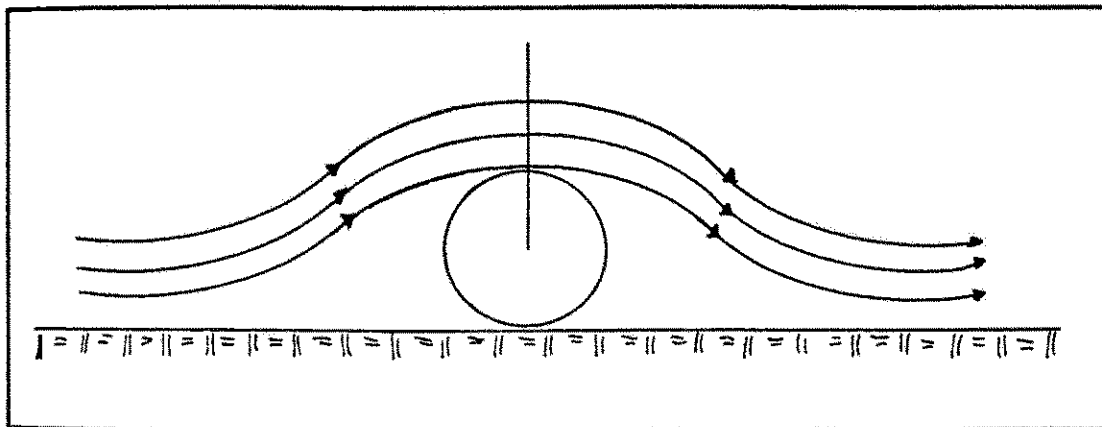
Cuando la partícula de suelo se separa de la superficie, se mueve en dirección casi vertical. La distancia horizontal a través de la cual la partícula continua elevándose es aproximadamente de un quinto a un cuarto de la distancia  $L$ . A medida que la partícula desciende a la superficie, viaja en línea recta formando un ángulo de descenso que varía entre 6 y 12 grados.

El *movimiento de saltación de las partículas del suelo* puede ser *explicado* de acuerdo al criterio que tienen algunos autores acerca del mismo. Estos *criterios* son los siguientes:

Al soplar el viento con suficiente fuerza ocurren sobre el suelo desplazamientos cortos de las partículas, las cuales al chocar pueden eventualmente lanzar una al aire, e iniciar así la saltación

Por el "*Efecto Venturi*" el que establece que al aumentar la velocidad de un fluido sobre un cuerpo, se propicia una disminución sobre la presión de aquel sobre este. Es así que al fluir el viento con mayor velocidad sobre una partícula que se encuentra en la superficie del suelo, genera una fuerza de atracción sobre esta, que la lanza hacia arriba

La siguiente figura nos da una explicación del movimiento de las partículas de suelo por saltación, mediante el "*Efecto Venturi*" (Tomado de Hudson, 1971)



Todo fluido en movimiento puede impartir energía a los cuerpos que se hallen en su seno; en consecuencia, las partículas que se encuentran sobre la superficie del suelo expuestas a la acción del viento, pueden recibir la energía de este y en ese estado de vibración, si dos partículas chocan, una de ellas puede ser lanzada al aire



Una vez desprendidas las partículas del suelo e iniciado su movimiento, el choque de las partículas en saltación conduce a un desgaste de la superficie.

Esta abrasión desmenuza los terrones, destruye las costras estables y desgasta los residuos vegetales y la vegetación viva.

De esta forma, las partículas en saltación no solo provocan el movimiento de partículas menores y mayores sino que desmenuzan los terrones en fragmentos erosionables y reducen la eficiencia de la cobertura vegetal protectora.

Cuanto más extenso sea el terreno sometido a erosión eólica, mayor será el número de veces que cada partícula golpeará a la superficie mientras el viento la arrastra; por lo que el número de partículas será tanto mayor cuanto más se avance en la dirección del viento. A este efecto se le denomina "*Incremento de la Carga*".

*El transporte de las partículas de suelo es nulo en el lindero de barlovento de un campo erosionable y aumenta con la distancia en dirección del viento hasta llegar a la carga máxima que un viento determinado puede transportar.*

El incremento de la carga y la distancia a favor del viento a la cual se llega a la carga máxima transportada, varía según la susceptibilidad del suelo a la erosión. Cuanto más erosionable sea este mayor será el incremento de la carga y menor será la distancia a la que se produce la carga máxima de transporte.

#### 5.3.2.2.- SUSPENSION

La suspensión actúa sobre las partículas más finas, generalmente de diámetro menor de 0.1 milímetros debido a ello las partículas de tamaño pequeño flotan en las corrientes de aire.

El movimiento de las partículas finas suele iniciarse por el impacto de las partículas en saltación.

Es necesario que las partículas de diámetro mayor que se encuentran en saltación golpeen las partículas de polvo más finas, debido a que estas no sobresalen en la capa de aire turbulento o tienen una cohesión recíproca suficiente que impide el arrastre directo.

Una vez que las partículas finas entran en las capas de aire turbulento pueden quedar suspendidas a grandes alturas por los remolinos ascendentes y con frecuencia sufrir un arrastre de muchos kilómetros antes de depositarse de nuevo. Estos torbellinos ascendentes tienen velocidades de 3 a 5 km/hr, los que son suficientes para elevar la arena muy fina, el limo, la arcilla y gran parte de la materia orgánica del suelo. Este movimiento del polvo fino constituye el rasgo característico de la erosión eólica.

El volumen de suelo acarreado en suspensión representa una pérdida para el área afectada por el viento, ya que este es depositado en áreas lejanas de donde ocurrió el desprendimiento, en tanto que las partículas movidas por saltación y rodamiento permanecen en el área erosionada donde eventualmente forman campos de *Dunas*.

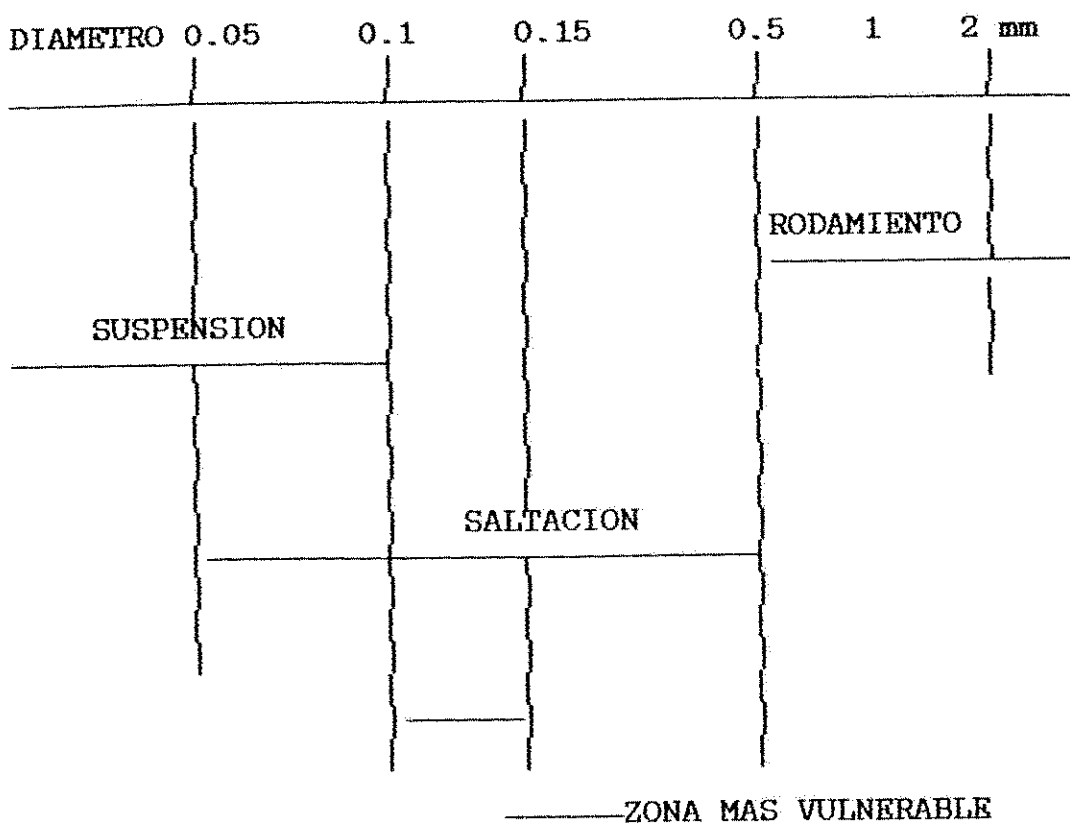
#### **5.3.2.3.- RODAMIENTO O ARRASTRE SUPERFICIAL**

Consiste en el *arrastre o deslizamiento de las partículas de suelo de diámetro mayor*, comprendido entre 0.5 y 2 milímetros; sin que esto excluya el arrastre de material de mayor tamaño sobre la superficie del suelo, impulsadas por el viento u otras partículas en movimiento.

Debido a su tamaño, estas *partículas se desplazan principalmente impulsadas por el choque de las partículas en saltación, y no por la fuerza directa del viento.*

Chepil (1945), realizó estudios sobre la acción erosiva de cada uno de los tres movimientos antes mencionados y encontró que la saltación transporta entre el 55 y 72% del material edáfico desprendido y desplazado por acción eólica; la suspensión del 3 al 38% y el rodamiento del 6 al 25%. Además concluyo, que el 50% del movimiento de las partículas tiene lugar a los 50 milímetros superficiales y que el 90% se desarrolla en los primeros 30 centímetros.

En el siguiente diagrama se presentan los diferentes movimientos del suelo por acción del viento, como una función del diámetro de las partículas (Tomado de Hudson, 1971)



### 5.3.3.- MECANICA DEL PROCESO EROSIVO DEL VIENTO

El proceso de erosión eólica se divide en tres fases sencillas pero diferentes, estas son:

#### 5.3.3.1.- REMOCION O INICIACION DEL MOVIMIENTO

La energía que posee el viento para erosionar, no es tan grande como la que adquiere el agua al caer en forma de lluvia, por lo que difícilmente provocará el desprendimiento de los agregados del suelo; sin embargo, en suelos sueltos, donde las partículas se encuentran libres, la energía del viento es suficiente para iniciar el movimiento de las partículas y generar el proceso erosivo.

El movimiento del suelo es consecuencia de la turbulencia y de la velocidad del viento. La *Velocidad Inicial del Fluido* es la *velocidad mínima* que se necesita para provocar el movimiento del suelo por medio de la acción directa del viento y la *Velocidad Inicial de Impacto* es la *velocidad mínima* necesaria para iniciar el movimiento de impacto de las partículas de suelo que son arrastradas por saltos.

El viento en la superficie del suelo siempre es turbulento, excepto cuando se registra muy cerca de ella y a velocidades bajas (menores de 1 m/s). Se considera que *velocidades del viento menores de 5 m/s y a 30 centímetros de altura, no son erosivas para suelos minerales.*

#### **5.3.3.2.- TRANSPORTE**

La *cantidad de suelo que puede ser movido por el viento depende del tamaño de las partículas, de la agregación del suelo, de la velocidad del viento y de la distancia sobre la cual actúe el proceso.*

Este proceso está sujeto a una aceleración que aumenta a través del tiempo y del espacio.

A través del tiempo, porque constantemente se incrementa la cantidad de partículas en movimiento, dentro de las cuales habrá un gran número de estas de diámetro pequeño, que se estarán moviendo en suspensión, al perder el suelo más partículas finas, la cohesión de las restantes disminuirá y quedarán así cada vez más expuestas al arrastre por acción eólica.

A través del espacio porque en los campos erosionados el fenómeno inicialmente actúa en áreas aisladas para posteriormente extenderse, siguiendo la dirección del viento. Este hecho se explica al considerar que cada una de las partículas edáficas que en un momento dado se encuentran sobre la superficie del terreno pueden ser arrastradas e invadir áreas vecinas.

Al conjugar las dos formas por las que aumenta la aceleración del proceso erosivo, habrán más partículas edáficas en movimiento y mayor será su poder para arrastrar más suelo.

No todos los suelos llegan a permitir igual incremento de aceleración en un tiempo y espacio dado, porque el grado de cohesión de las partículas determinará la susceptibilidad del suelo a ser erosionado.

#### 5.3.3.3.- DEPOSICION

El proceso de deposición ocurre en el momento en que la fuerza de la gravedad es mayor que las fuerzas que mantienen suspendidas las partículas en el aire.

Por lo general, este fenómeno se presenta cuando disminuye la velocidad del viento a causa de la vegetación o debido a barreras físicas como zanjas. También las gotas de lluvia limpian el polvo del aire.

La deposición de las partículas se produce de manera proporcional al diámetro de estas. Es por esta razón que las partículas finas permanecen suspendidas en el aire durante más tiempo y su dispersión es mayor que en el caso de las partículas gruesas.

#### 5.4.- FACTORES QUE AFECTAN LA EROSION EOLICA

Los principales factores que se encuentran involucrados en la erosión eólica son: el clima, el suelo y la vegetación; los cuales al conjugarse bajo determinadas condiciones, propician o restringen esta forma de erosión.

##### 5.4.1.- CLIMA

Los factores climáticos que influyen en la erosión eólica son: la precipitación, el viento (velocidad y frecuencia), el aire (viscosidad y densidad), la temperatura y la humedad.

La cantidad y distribución de las lluvias es un factor muy importante por sus efectos en la humedad del suelo y en el crecimiento de la vegetación.

La evaporación y la transpiración están influenciadas por la temperatura y el viento lo que contribuye a disminuir el nivel de agua en el suelo, haciéndolo más susceptible a la erosión eólica.

## 5.4.2.- SUELO

Los factores relacionados con el suelo que afectan la erosión eólica son: la *textura, estructura, densidad de las partículas, humedad, materia orgánica, estabilidad estructural y la rugosidad superficial*.

La textura del suelo, el estado de las partículas y la estabilidad de agregación de estas representan los principales factores que determinan si un suelo sufrirá erosión eólica.

En casi todos los suelos agrícolas predominan las partículas de tamaño inferior a 1 milímetro de diámetro, incluso en los muy arenosos. Los suelos de textura gruesa (franco-arenoso), son los más susceptibles a erosión eólica porque durante la saltación predomina las fracciones de tamaño arenoso y el bajo contenido de limo, arcilla y sustancias orgánicas en tales suelos dificultan la formación de terrones y los que llegan a formarse son de poca estabilidad.

Debido a que el tamaño y la densidad de los agregados del suelo determinan en gran parte la erosión eólica, las medidas que se tomen para acondicionar el suelo para que resista la erosión del viento tendrán que producir agregados no susceptibles a la erosión ( > 1 milímetro de diámetro) o terrones grandes.

La consolidación de las partículas del suelo superficial, ya sea en forma de costra o de terrones es importante ya que esta reunirá a las partículas de suelo en unidades suficientemente grandes para resistir la erosión. Los factores que influyen sobre la consolidación y la estabilidad son: la humedad, la compacidad, la materia orgánica, el contenido de arcilla, la actividad de los microorganismos y la presencia de materiales de cementación.

El grado de consolidación de las partículas del suelo depende de los elementos climáticos, de las alteraciones mecánicas que sufra la superficie (labranza, paso de animales o máquinas) y del efecto abrasivo de las partículas que se mueven por saltación en el suelo.

La labranza puede aumentar o disminuir la proporción de terrones en la superficie del terreno según sean las condiciones del suelo en la capa labrada, el tipo de instrumento utilizado, la velocidad a que funciona etc.

Si una costra superficial se rompe en terrones que quedan en la superficie, puede reducirse la susceptibilidad a la erosión, pero si la costra se pulveriza lo suficiente o se entierra, esta susceptibilidad puede aumentar.

La *labranza continua en terrenos secos suele aumentar el peligro de erosión*, sobre todo si se realiza con máquinas de efecto mecánico intenso como rastras de disco, de dientes y muelles, asimismo los neumáticos de las máquinas que se desplazan por la superficie pulverizan y alisan el suelo.

Por ello el *objetivo de la labranza primaria y secundaria que se utilice para el control de la erosión eólica tiene que generar una superficie áspera y con terrones y algún residuo de plantas que queden expuestas sobre la superficie del suelo*.

El *paso de los animales*, sobre todo los petihendidos, tiene un efecto nocivo para la superficie del suelo; debido a la *pulverización mecánica que provocan y por la eliminación de la vegetación o residuos vegetales (sobre pastoreo)* lo que puede producir un grave arrastre del suelo por el viento.

Los lomos y depresiones formados por los instrumentos de labranza modificarán la velocidad del viento. Los lomos y depresiones alternados contribuyen a detener las partículas en saltación, impidiendo así la acumulación normal de los materiales transportados en la dirección del viento.

Los lomos que sobresalgan más en las capas turbulentas del viento quedarán sujetos a la acción de fuerzas mayores; por ello es importante que la cresta de estos sea terronosa, para resistir la acción de estas fuerzas, porque de lo contrario serán rápidamente erosionados, perdiéndose así todo efecto beneficioso.

## 5.4.3.- VEGETACION

Los vegetales vivos o muertos protegen la superficie del suelo contra la acción del viento ya que reducen la velocidad de este en la superficie, absorben gran parte de las fuerzas ejercidas por el viento, detienen las partículas de suelo en movimiento, lo que a su vez evita el normal incremento de la carga arrastrada en la dirección del viento y aumentan la cohesión de las partículas en los suelos de textura más fina.

Los materiales vegetales en pie son más eficaces por estar adheridos al terreno, evitando de esta forma el arrastre del suelo por el viento.

El cultivo en desarrollo actúa como cubierta vegetal durante parte del año y cuando alcanza un tamaño suficiente sirve de excelente protección.

Los cultivos intercalados como el maíz, el algodón, el sorgo que crecen en hileras más distanciadas ofrecen una cubierta vegetal escasa e incompleta hasta que alcanzan un tamaño considerable; por lo que brindan poca protección.

Los *residuos de las cosechas que se dejan sobre la superficie* son un medio de control muy conveniente, especialmente cuando se combinan con una superficie de suelo áspera. A esta práctica se le llama *Labranza con Cubierta de Rastrojo*.

Hemos enfatizado que la vegetación, por lo general es el medio más eficaz para controlar la erosión eólica; por ello es importante evitar el uso de prácticas que reduzcan la cubierta vegetal hasta un grado en que ya no ofrezca protección.



En el siguiente cuadro se presentan las posibilidades que tiene el hombre de reducir los riesgos de erosión en el suelo, al actuar sobre los factores que intervienen en el proceso erosivo (Tomado de Paéz et al., 1983)

<i>Factores que afectan la Erosión</i>	<i>Inmodificables</i>	<i>Modificables</i>
Suelo	Textura	Estructura (Materia Orgánica Agregación)
Precipitación	Cantidad Intensidad Duración	Energía con que la gota golpea el suelo; masa de escurrrrimiento
Viento	Velocidad Ambiente	Velocidad cercana a la superficie
Temperatura	Temperatura del Aire	Variaciones y temperatura del suelo
Pendiente	Conformación General	Longitud, gradiente y micropendiente
Escurrimiento		Velocidad, Cantidad, Características

#### 5.5.- FORMAS DE EROSION EOLICA

La Erosión Eólica no es fácil de clasificar en formas o subtipos, debido a que sus diferencias se deben más que a sus características a sus grados de magnitud.

De acuerdo a los estudios realizados por *Chepil* (1946), la erosión eólica se puede ordenar en diferentes modalidades o en grupos diferenciados de acuerdo a la manera como ocurre el desplazamiento de las partículas.

Las formas principales de erosión eólica descritas por Chepil, son las siguientes:

**5.5.1.- EFLUXION**

Es la remoción de las partículas de suelo de tamaño comprendido entre 0.1 y 0.5 milímetro de diámetro, iniciada y mantenida por la presión del viento. La *saltación es la forma de desplazamiento casi exclusiva* en esta modalidad de erosión eólica, aunque el viento puede desprender y llevar directamente en suspensión una pequeña porción de las partículas más cercanas en tamaño al límite inferior.

**5.5.2.- EXTRUSION**

Ocurre cuando las fracciones que componen el suelo son demasiado gruesas para que el viento las remueva directamente es necesario que este llegue cargado de partículas más livianas que puedan remover las gruesas a través del golpe persistente contra la superficie del terreno. La extrusión ocurre principalmente por medio de remolinos al ras del suelo.

**5.5.3.- DETRUSION**

Es la remoción de las partículas de suelo en las crestas de las irregularidades que presenta un terreno, las cuales están sometidas a la acción de vientos de mayor velocidad en superficies lisas. Las partículas más pesadas que no alcanzan a traspasar las zonas intermedias de menor velocidad, se desprenderán y deslizarán hacia las depresiones del terreno.

**5.5.4.- EFLACION**

Actúa sobre las partículas más livianas cuya velocidad terminal o crítica de caída es menor que el empuje vertical del viento en turbulencia. Dichas partículas se elevan a grandes alturas y regresan a la tierra por efecto de las lluvias o al llegar a zonas de vientos muy débiles.

Es la *forma más grave de erosión eólica en terrenos arables*, ya que remueve las partes más livianas del suelo, que son las más valiosas.

En zonas sometidas a esta acción de Eflación, *los terrenos se convierten en arenosos por la pérdida de limo y arcilla.*

#### 5.5.5.- *ABRASION*

Es *producida por el golpe directo y continuo de las partículas en saltación.*

Los *suelos arcillosos son los más resistentes* a esta forma de erosión eólica y los *franco-arenosos los más susceptibles.*

#### 5.6.- *DISTRIBUCION DE LAS AREAS AFECTADAS POR EROSION HIDRICA Y EOLICA EN NICARAGUA*

En el Mapa de Nicaragua que aparece en la siguiente página se muestran las áreas de nuestro territorio nacional que son afectadas por erosión hidrica y eólica.

# MAPA DE EROSION HIDRICA Y EOLICA DEL SUELO

JUNIO, 1991

Esc. Prox. 1:2062391

FUENTE: MAPA AGROECOLOGICO DE NICARAGUA

## LEYENDA

RANGO DE EROSION	SIM. BOLOGIA	A R E A	
		HECTARIA	%

## EROSION HIDRICA

FUERTE/SEVERA	H1	1,124,299	10.33
MODERAD/FUERT.	H2	2,457,696	23.01
LEVE/MODERADA	H3	6,751,467	63.23
SUBTOTAL :		10,333,464	96.77

## EROSION EOLICA

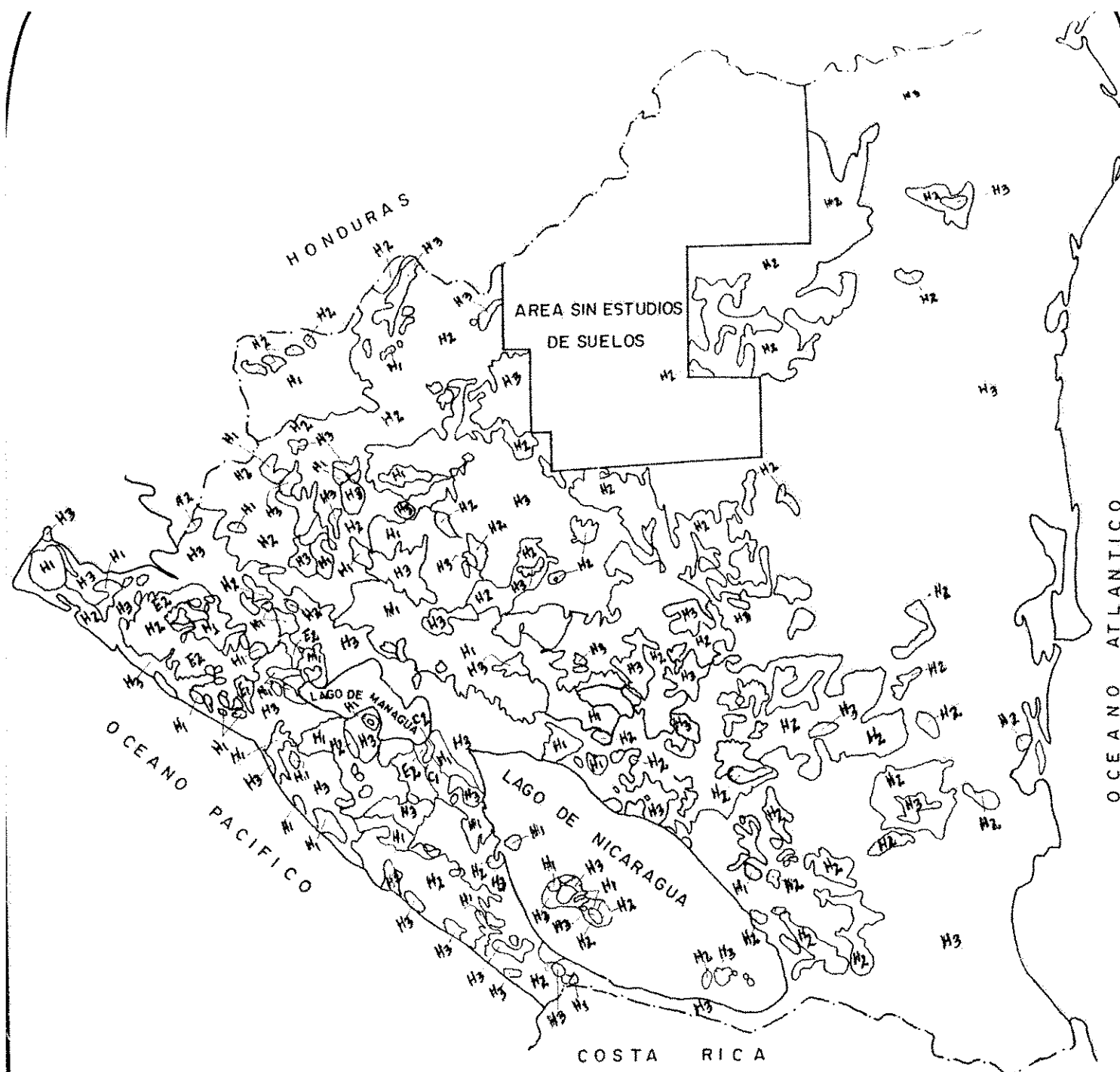
FUERTE/SEVERA	E1	21,069	0.20
MODERAD/FUERTE	E2	112,245	1.05
SUBTOTAL :		133,314	1.25

## EROSION HIDRICA Y EOLICA

FUERTE/SEVERA	C1	11,971	0.11
MODERAD/FUERT.	C2	9,882	0.09
SUBTOTAL :		21,853	0.20

VIDA SILVESTRE		189,038	1.78
SUBTOTAL :		189,038	1.78

TOTAL :		10,677,669	100.00
---------	--	------------	--------



# **CAPITULO VI**

## **INTEGRACION DE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA CON AGRICULTURA SOSTENIBLE**

*6.1.- GENERALIDADES*

La *conservación de suelos y agua* no es una actividad negativa, por el contrario es un *trabajo positivo que permite aumentar sustancialmente, incluso a corto plazo, la producción agrícola y asegurar a largo plazo la productividad continua de los más importantes recursos naturales.*

Practicar la conservación de suelos y agua es un *proceso que comienza con la implementación de tecnologías adecuadas a las condiciones de cada clase agrológica de suelo*; debido a que ningún terreno es igual a otro es preciso saber seleccionar adecuadamente las prácticas más apropiadas para cada uno de ellos.

Los *principios de control de erosión y conservación de suelos y agua* consisten en *reducir los efectos de los procesos que causan erosión y estimular el uso de la tierra para que el suelo se conserve permanentemente productivo.*

Una vez que los terrenos han sido clasificados agrológicamente en la finca es posible escoger los diversos sistemas de manejo que pueden aplicarse a cada porción dentro de la misma, para de esta forma asegurar la correcta conservación de los recursos suelo y agua y producir buenas cosechas.

Todas las *prácticas encaminadas a aumentar la resistencia o aumentar las fuerzas que intervienen en la erosión* se denominan *Prácticas de Conservación de Suelos* y a todas las *medidas practicable requeridas para lograr la productividad permanente del suelo* se les llama *Instrumentos de Conservación*, los cuales se pueden utilizar por separado o en combinaciones adecuadas.

Por lo tanto podemos decir que las *medidas de conservación de suelo son todas las medidas que se toman para conservar el suelo de tierras arables y para equilibrar las pérdidas de suelo en áreas naturales por formación de suelo sin disminuir la fertilidad del mismo.*

Debido a la importancia de la conservación de suelos y agua a nivel mundial, se han desarrollado en el transcurso del tiempo un gran número de prácticas adaptadas a las distintas combinaciones de condiciones agroecológicas y socio-económicas existentes.

Según la FAO (1984), las técnicas utilizadas para combatir la erosión se han desarrollado y ampliado constantemente y se dividen en dos categorías:

#### *Técnicas Biológicas*

Estas técnicas tienen poco que ver con la ingeniería e implican, más bien, una *evaluación detenida de la idoneidad de los cultivos sembrados y de las técnicas agrícolas utilizadas*. O sea estas se reducen a dos conceptos sencillos: *sembrar el cultivo idóneo en la tierra adecuada y utilizar las técnicas de cultivo que mejor se adapten a la tierra*.

Para realizar lo *primero* es preciso una *buena planificación del uso de la tierra* y para lo *segundo* un *buen sistema de explotación agrícola*.

Las técnicas biológicas de control de la erosión son siempre las *primeras que han de tenerse en cuenta al realizar una planificación conservacionista de una finca*, ya que ningún trabajo material (por ejemplo construcción de terrazas, sistemas de drenaje) podrán contrarrestar un mal uso de la tierra o una explotación agrícola equivocada.

Estas técnicas representan una *opción más económica* que realizar costosos proyectos de protección física que pueden exigir un enorme volumen de mano de obra.

#### *Técnicas Físicas*

Estas técnicas son *onerosas*, ya sea si se utiliza mano de obra o su equivalente mecánico. Aquí se incluyen las distintas formas de *construcción de terrazas, los métodos para combatir las cárcavas, las presas para el control de inundaciones y la Ordenación Global de Cuencas Hidrográficas*.

Suárez de Castro (1982), divide las prácticas de conservación de suelos en: *Culturales, Agronómicas y Mecánicas*, según se trate de modificaciones a los sistemas de cultivo, se utilice la propia vegetación o se recurra a estructuras artificiales construidas mediante la remoción y disposición adecuada de porciones de suelo.

Las medidas agronómicas se refieren a las técnicas de preparación y cultivación del terreno con el objetivo de mantenerlo productivo, evitando la erosión, mejorando la infiltración del agua al suelo y previniendo el ataque de plagas y enfermedades. Estas medidas incluyen prácticas que se realizan en la preparación del terreno para aumentar la producción, pero que tienen el propósito secundario de reducir la escorrentía y la erosión y además contribuyen directamente a mejorar la textura, porosidad y fertilidad del suelo.

A las prácticas culturales y agronómicas se les denomina *Medidas Agroconservacionistas* e implican generalmente la utilización de material biológico vivo o muerto para control de la erosión; entre las que figuran las siguientes:

- . Distribución adecuada de los cultivos en la finca
- . Siembra en Contorno
- . Siembra en Fajas
- . Rotación de Cultivos
- . Cultivos de Cobertura
- . Abonos Verdes
- . Barreras Vivas

Las prácticas mecánicas o estructurales son aquellas actividades que se realizan con implementos agrícolas, aditamentos especiales o mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra, con el fin de disminuir los escurrimientos superficiales y evitar la erosión en terrenos con pendiente, favorecer un mayor aprovechamiento del agua en la parcela y contribuir a mejorar la productividad de la parcela y prevenir la degradación del terreno.



Entre las obras estructurales utilizadas para controlar el movimiento del agua figuran las siguientes:

- . Terrazas
- . Acequias o Zanjas de Ladera
- . Muros de Retención o Barreras Muertas de Piedra
- . Canales de Desviación
- . Canales Vegetados
- . Represas para el Control de Cárcavas
- . Cubas de Infiltración
- . Diques de Contención

Las *prácticas culturales y agronómicas* son las más sencillas de ejecutar y de mantener. Siempre debe procurarse recurrir a ellas, utilizando las *prácticas mecánicas* como complementarias, en aquellos casos en que la combinación de las otras no alcance a ofrecer suficiente protección a los terrenos.

De acuerdo al *Manual de Conservación del suelo y del agua del Colegio de Post-graduados de Chapingo, México* (1982); las prácticas de conservación de suelos y agua se pueden clasificar en: *Prácticas Mecánicas y Prácticas Vegetativas*.

Las *prácticas vegetativas* son aquellas que consideran el desarrollo de plantas o cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo, permiten conservar el suelo y el agua en terrenos que presentan problemas de deficiencias de humedad, erosión, topografía, texturas gruesas o finas, permeabilidades altas o bajas.

Los *objetivos* que se persiguen con estas prácticas son los siguientes:

- . Establecer una cubierta vegetal en áreas específicas
- . Evitar o disminuir al máximo la erosión eólica y/o hídrica, según las circunstancias
- . Lograr una mejor utilización de los terrenos al mejorar sus características físicas y químicas

Según (Magister, 1973, 1991, Lal, 1990, Poch, 1993, Anaya y cols. 1977, Roquero, 1964) las principales técnicas de conservación de suelos y agua en la agricultura pueden agruparse en tres categorías:

#### *Medidas generales de cultivo*

Son prácticas agrícolas encaminadas a lograr el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo, es decir, la sostenibilidad del sistema.

Por lo general no suponen un aumento de los costos de producción. El que se lleven a cabo o no dependerá del nivel de percepción de la utilidad del suelo que posea el agricultor.

Entre estas medidas figuran: la fertilización, rotación de cultivos, aplicación de materia orgánica, pastoreo controlado, uso de aperos y maquinaria agrícola adecuada e implementación de riego.

#### *Medidas especiales para cultivo*

Estas medidas deben planificarse previamente a la introducción de un nuevo cultivo o al llevar a cabo una nueva plantación.

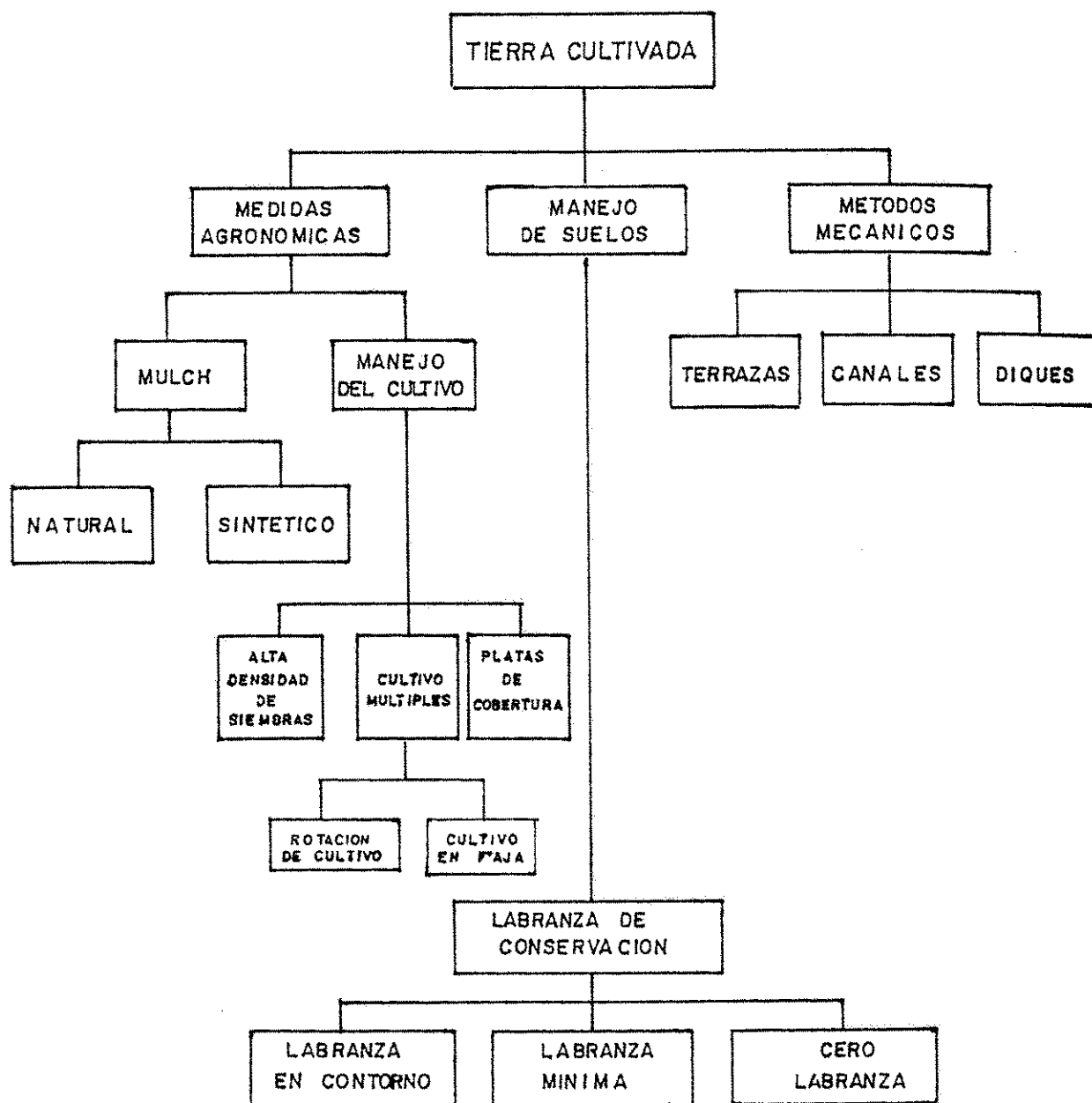
En algunos casos estas medidas no resultan aceptables para el agricultor, principalmente porque representan una dificultad para la mecanización de las distintas labores de cultivo y secundariamente por hacer disminuir la superficie de cultivo.

Entre las medidas más usadas según (Roquero, 1964, Magister, 1973, 1991), cabe citar las siguientes: *cubierta vegetal, laboreo a nivel, plantaciones a nivel, cultivo en fajas alternantes.*

#### *Infraestructuras para conservar el suelo y el agua*

La introducción de infraestructuras para conservar el suelo y el agua o el llevar a cabo movimiento de tierras para cambiar la forma de los campos, traducen un alto grado de percepción de la utilidad del suelo y de los problemas de degradación que pueden tener lugar por erosión.

En síntesis las diferentes técnicas de conservación pueden ser descritas bajo el principio de: *Medidas Agronómicas, Medidas de Manejo del Suelo y Métodos Mecánicos*, tal y como lo muestra el Esquema de Estrategias de Conservación de Suelos para Tierras Cultivadas propuesto por Morgan (1986); el cual se presenta a continuación



Las Medidas de Conservación del Agua son todas las medidas que *aumentan la cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo por captación o retención de la lluvia, donde esta cae o donde hay alguna estructura sobre la cual fluye a velocidades no erosivas y puede ser almacenada para cualquier propósito.*

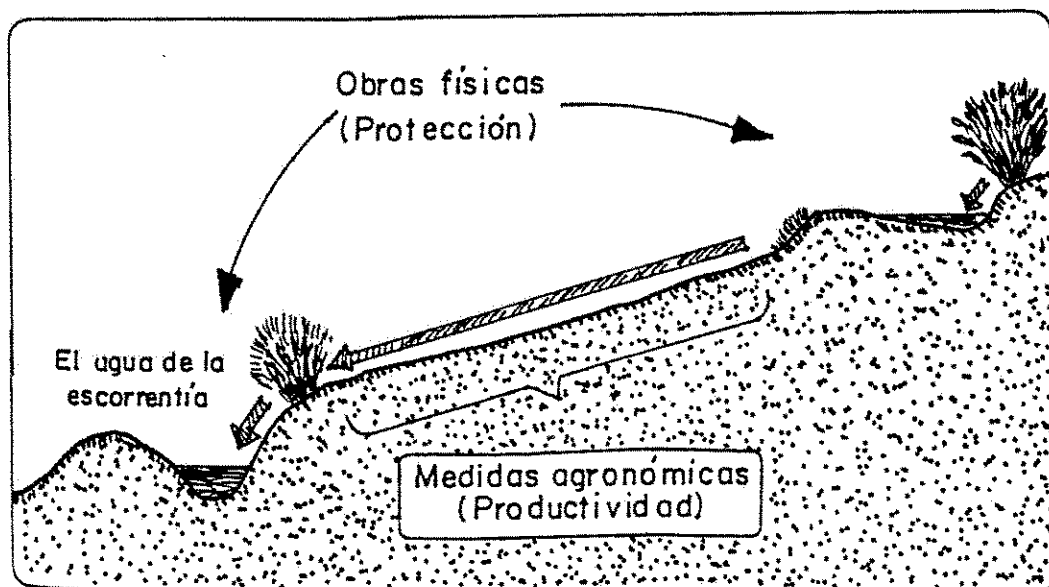
Las medidas de captación de agua están *basadas en la toma y almacenamiento del fluido para luego usarse o ser almacenado en otro lugar.*

En la *Planificación Conservacionista de una Finca*, se debe incluir prácticamente como requisito la *conservación del agua*; ya que esto le permitirá al productor obtener y percibir beneficios desde el primer ciclo agrícola en que implemente las prácticas de conservación.

Para conservar un terreno en el campo, se requiere de la incorporación de todas las prácticas dentro del sistema de producción para el control efectivo de la erosión, la conservación del agua y el mejoramiento del suelo.

Esta integración de prácticas formará un *Sistema de Conservación de Suelos y Agua*, el cual estará constituido por una combinación de *obras físicas, medidas agronómicas, medidas de fertilidad y medidas agroforestales* y debe aplicarse de forma completa para poder tener éxito tanto en la protección del suelo como en la productividad.

Lo antes expuesto se explica en la siguiente figura que muestra la Conservación de Suelos y Agua como un Sistema



*Las prácticas de conservación simples y de baja inversión tienen mayor posibilidad de ser aceptadas y adoptadas en primera instancia por los productores.*

Siempre hay que tener presente que por lo general *ninguna práctica por sí sola proporciona todos los beneficios deseados*, por lo que *la transferencia debe ser pausada a través de varios años*, sin pretender que el productor incorpore varias prácticas en un mismo año, a menos que sean simples, no consuman excesivamente su tiempo y brinden beneficios percibibles.

Desde el punto de vista biofísico, el solo combinar siembra en curva a nivel, junto con mínima labranza y el mantenimiento de una adecuada cobertura del suelo (rastros, follaje), permitirá controlar con éxito la erosión y brindará los otros beneficios de la conservación de suelos y agua.

Sin embargo, es conveniente incluir otras prácticas un poco más costosas, como barreras vivas (en algunos casos barreras de piedra), camellones y zanjas de ladera, no solamente para control de cárcavas, sino porque además contribuyen a la conservación de agua y evitan que el productor se vea tentado a abandonarlas o manejarlas mal. El utilizar barreras vivas o muertas y camellones, conllevará eventualmente a un auto-terraceo, el cual es muy valioso e incrementará el valor de la tierra y la sostenibilidad del sistema. Asimismo, la captación de agua requiere de zanjas de ladera para evacuar excedentes de agua hacia tanques de almacenamiento.

La *selección adecuada de los terrenos a conservar en la finca*, es un aspecto muy importante que se debe tomar en cuenta; ya que un terreno altamente erosionado requerirá mayor atención desde un el punto vista físico y además el productor estará más interesado y percibirá más beneficios a corto y mediano plazo, si implementa las prácticas de conservación en un terreno más fértil.

Young (1989) destaca que *los beneficios de la conservación de suelos son mayores en suelos menos degradados que en aquellos altamente degradados y de baja productividad.*

Al establecer prioridades respecto a los tipos de terreno a conservar en la finca, siempre se deberá contar con la participación del productor, la cual es necesaria también en la selección de las prácticas a implementar.

Sin pretender dar una guía completa, a continuación se describen las prácticas de conservación de suelos que se consideran las de mayor conveniencia a transferir a los pequeños y medianos productores por su pertinencia tanto biofísica como socioeconómica y cultural.

## **6.2.- CULTIVAR EN CONTORNO (LABRANZA EN CURVAS A NIVEL)**

### **6.2.1.- GENERALIDADES**

La manera tradicional de labrar la tierra, de sembrar los cultivos y de realizar las operaciones culturales por nuestros agricultores es de arriba hacia abajo o sea en el sentido de la pendiente.

Este sistema estimula el escurrimiento del agua y la pérdida de suelos; por lo que la erosión laminar y en surcos se manifiestan rápidamente en el terreno, por otro lado el agua de lluvia escurre fuera del terreno y causa daños en otros lugares; asimismo el agua infiltrada y almacenada en el campo es poca.

El cultivo siguiendo las Curvas a nivel o Cultivo en Contorno o de Contorneo es una de las prácticas conservacionista de uso más generalizado que contribuye a conservar el suelo y el agua, ya que cada hilera sirve de obstáculo al flujo de agua.

Todo arado o cualquier otro instrumento de labranza, al trabajar en dirección perpendicular a la pendiente hace en el terreno un pequeño dique que detiene el agua y reduce el escurrimiento.

Experimentalmente se ha demostrado que en los terrenos con pendientes entre 4 y 6 por ciento las pérdidas de suelo y las pérdidas de agua por escurrimiento se reducen al 50% mediante el sistema de cultivo siguiendo las curvas nivel.

Esta técnica se combina a menudo con otras obras de conservación como por ejemplo: barreras vivas, barreras muertas, terrazas, acequias de ladera, camellones entre otras.

Si se pretende implementar esta práctica en terrenos con pendiente superior al 20% se recomienda trabajar con la yunta de bueyes o con sistemas manuales, ya que el tractor difícilmente podrá trabajar en contorno.

Esta práctica se recomienda utilizarla en terrenos con pendientes hasta del 5%; ya que cuando la pendiente es mayor es necesario complementarla con otras prácticas mecánicas como por ejemplo terrazas.

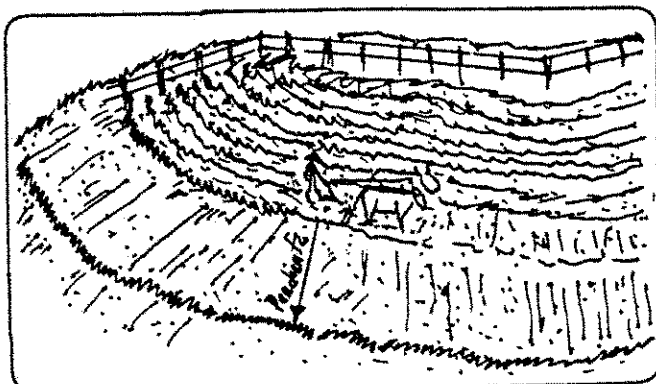
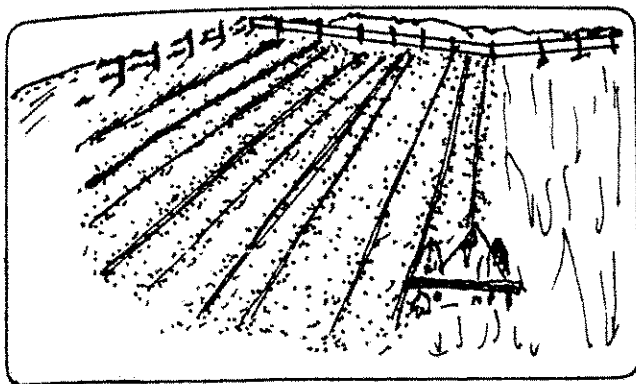
Este sistema no se recomienda utilizarlo en regiones con fuertes precipitaciones y donde los terrenos son arcillosos o descansan sobre un subsuelo impermeable, ya que en esas áreas y bajo dichas condiciones, los excesos de agua perjudican el desarrollo de los cultivos.

Pero si esta es la situación que se presenta, se puede modificar el trazado de los surcos dándoles un desnivel de 0.3 a 0.8% con el fin de desalojar los excedentes de agua a cauces naturales u otros sitios de descarga, previamente establecidos y empastados.

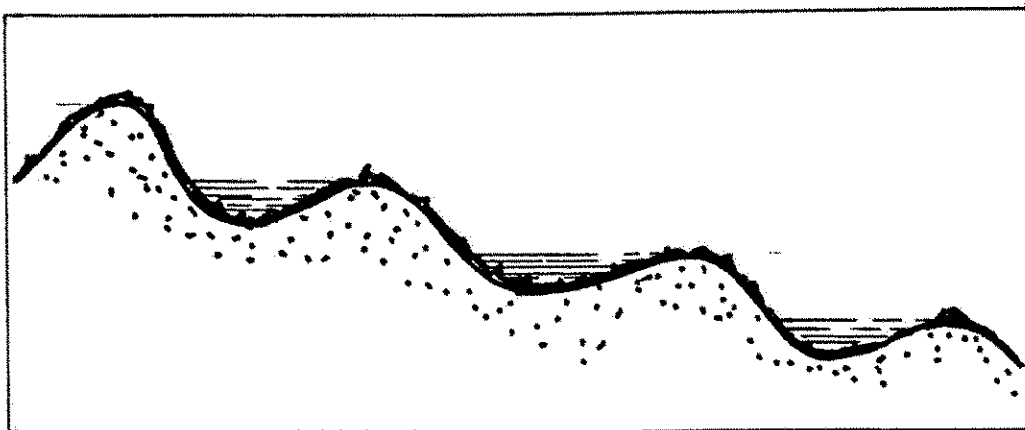
Para sembrar en contorno es necesario, disponer de un instrumento con el cual trazar líneas con todos los puntos al mismo nivel (curva a nivel).

Existen muchos dispositivos sencillos y de bajo costo que dan suficiente precisión para efectuar el trazo de estas líneas; entre estos podemos mencionar el Nivel Tipo A, el cual es comúnmente utilizado por muchos agricultores en nuestro país y cuya descripción y funcionamiento se aborda en el Anexo de este Texto.

Las siguientes figuras nos muestran el método tradicional de preparar el terreno a favor de la pendiente y la preparación del suelo en contorno



En la figura que se presenta a continuación se muestra la forma en que los Surcos al Contorno o a Nivel almacenan parte del agua de lluvia.





De estas figuras podemos deducir lo siguiente: que con los *surcos perpendiculares a la dirección de la pendiente*, el agua que no se infiltra de inmediato en el terreno pero que esta impedida en su escurrimiento, permanece acumulada a lo largo de los surcos por la barrera que forman los lomos de éstos y las hileras de plantas.

#### 6.2.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Cultivo en Contorno:

- . Consiste en sembrar en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno o en hacer trabajar los instrumentos de labranza en esta misma dirección
- . Consiste en el trazado de los surcos en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno, siguiendo las curvas a nivel
- . Consiste en disponer las hileras de siembra y verificar todas las labores de cultivo en forma transversal a la pendiente, en curvas a nivel o líneas de contorno
- . Es la orientación del cultivo en forma perpendicular o transversal a la pendiente del terreno
- . Consiste en labrar el suelo, sembrar y realizar las demás labores culturales siguiendo las curvas a nivel

#### 6.2.3.- VENTAJAS

Al implementar esta práctica se logran las siguientes ventajas:

- . Reducir la velocidad de los escurrimientos superficiales
- . Provocar una mayor infiltración del agua en el suelo y aumentar la humedad disponible para las plantas
- . Disminuir la erosión laminar de los suelos
- . Evitar la formación de cárcavas en terrenos con pendiente

- Buen grado de adopción de parte de los pequeños y medianos productores
- No se requiere de gran inversión o gastos suplementarios para su implementación como en el caso de la labranza tradicional
- Favorecer el proceso de terraza progresiva
- Aumentar el rendimiento de los cultivos
- Dado que la técnica requiere sobre todo un cambio de costumbre y no requiere de gastos complementarios, se utiliza en algunos casos como condición para otorgar crédito

#### 6.2.4.- *DESVENTAJAS*

La practica de Cultivo en Contorno presenta las siguientes desventajas:

- Es indispensable para su implementación del conocimiento del trazo de Curvas a Nivel
- El trabajo de labranza requiere de un poco más de tiempo
- Los agricultores por no tener la costumbre de trabajar en el sentido horizontal sienten más dificultad para realizar los demás trabajos culturales
- No controla la erosión en pendientes superiores al 7%, pero se debe aplicar en todos los casos

#### 6.3.- *LABRANZA CONSERVACIONISTA*

##### 6.3.1.- *GENERALIDADES*

La Labranza es la *remoción y volteo del suelo para mejorar las condiciones para el crecimiento de los cultivos, el control de malezas, control de plagas de suelo y el mantenimiento de la capacidad de infiltración y aeración.*

A medida que aumenta el interés por evitar las pérdidas de suelo de las tierras de cultivo, la llamada Labranza de Conservación o Conservacionista se menciona con más frecuencia.

Sin embargo, este concepto puede tener significados diferentes para diversos productores. Para unos es reducir el número de pasadas por el campo, en cambio para otros es ahorrar tiempo y dinero o evitar la erosión del suelo.

En realidad la Labranza de Conservación hace todo eso, pero requiere una definición más precisa que dé al agricultor una medida de cuán efectivos son sus actuales métodos de labranza para reducir o evitar la pérdida de suelo.

La mayoría de los especialistas concuerdan en que para ser considerado de conservación, *un sistema de labranza debe dejar en la superficie del suelo, después de la siembra, suficiente rastrojo del cultivo anterior como para causar una reducción considerable de la erosión del suelo, en comparación con la labranza convencional* (que es un sistema que deja poco o nada de rastrojo después de sembrar).

Aunque hay un acuerdo en que el rastrojo del cultivo anterior es la clave para determinar si un sistema comprende labranza de conservación, también hay diferencias de opinión sobre cuánto residuo se necesita en el suelo y cómo debe medirse.

Anteriormente, el porcentaje de rastrojo del cultivo anterior que permanecía en la superficie del suelo se usaba como medida para determinar si un sistema comprendía la Labranza de Conservación.

Actualmente, un número creciente de expertos indican que el único modo para determinar si un sistema comprende labranza de conservación es medir el porcentaje de superficie del suelo que después de la siembra queda cubierta por los residuos del cultivo anterior.

Estos especialistas alegan que para que un sistema sea considerado como *Labranza de Conservación debe dejar cubierto 30% de la superficie del suelo con los residuos del cultivo anterior.*

**6.3.2.- VENTAJAS**

Para entender mejor las principales ventajas de la labranza de conservación y las consideraciones administrativas que el agricultor debe enfrentar al cambiar de labranza convencional a labranza de conservación; es importante que conozcamos las ventajas potenciales que este cambio le trae consigo al productor; entre estas ventajas podemos mencionar las siguientes:

- Control de la erosión del suelo
- Ahorro de combustible y tiempo. Generalmente la labranza de conservación requiere de menos pasadas por el campo y además los aperos usados son normalmente más livianos y exigen menos potencia que los de la labranza convencional
- Conservación de la humedad. La labranza de conservación es especialmente beneficiosa en regiones de poca precipitación. El rastrojo que se deja en la superficie, constituye una capa protectora que evita el efecto de los rayos del sol sobre la humedad del subsuelo y reduce la velocidad del viento en la superficie, limitando así la evaporación
- Disminuye la compactación del suelo. Al usar equipo más liviano y requerir menos pasadas por el campo, la labranza de conservación tiende a disminuir los problemas de compactación del suelo
- Obtención de rendimientos comparables. La investigación y la experiencia de campo han demostrado que la labranza convencional y de conservación dan rendimientos similares

Después de haber enumerado las principales ventajas que ofrece la labranza de conservación a los agricultores, es necesario hacernos la pregunta de: ***¿Por qué los productores no han abandonado del todo la labranza convencional?***

### 6.3.3.- DESVENTAJAS

Así como ofrece ventajas, la labranza de conservación tiene ciertos requisitos que deben satisfacerse para que la producción sea exitosa; entre los que podemos mencionar:

- . Requiere un nivel superior administrativo por parte del productor
- . Muchos agricultores temen que la labranza de conservación perjudique el control de malezas anuales, porque saben que al reducir la labranza deben depender más del control químico. Al parecer esto constituye el principal obstáculo para la adopción universal de la misma
- . Existe el temor que con los sistemas de labranza de conservación haya mayor incidencia de insectos y enfermedades
- . Miedo a fracasar por parte de los productores, cuando prueban algo nuevo

### 6.3.4.- METODOS DE LABRANZA CONSERVACIONISTA

Obviamente el concepto de labranza de conservación es sumamente amplio y puede abarcar un sinnúmero de formas. Lo más probable es que cada agricultor conciba el sistema más adecuado a sus necesidades, equipos, capacidad administrativa y terrenos.

Los principales métodos de labranza conservacionista se describen a continuación:

#### 6.3.4.1.- ROTURACION PROFUNDA DEL SUELO

A la Roturación Profunda del Suelo, también se le denomina *Labranza Vertical*, es un tipo de labranza que *reemplaza la labranza primaria y se realiza con implementos de dientes y a una profundidad mayor que las labranzas convencionales o profundas y que consiste en el mullimiento del suelo a profundidades mayores (20 - 30 cm.) que en la labranza tradicional; lo cual mejora la capacidad de infiltración, la capacidad de almacenamiento de humedad y aireación del suelo, el desarrollo de las raíces y facilita la incorporación de residuos y abono orgánico.*

Su función principal es la de suavizar profundamente el suelo sin voltearlo y así fomentar su porosidad; se realiza en contorno y cuando el terreno esta seco; su uso se limita a terrenos planos o moderadamente ondulados con pendientes mayores de 15%.

Este tipo de labranza conservacionista se recomienda utilizarla en suelos con estructura deficiente (suelos limosos y arenosos) donde junto con aplicaciones de materia orgánica, permite el mejoramiento de la estructura; asimismo se puede utilizar en suelos profundos y bien estructurados de origen volcánico, pero susceptibles a la erosión hídrica y eólica.

Además se adapta bien a cultivos intensivos que requieren que el cultivo se mantenga siempre limpio de malezas y permite la fácil formación de camas o eras para hortalizas.

Las principales desventajas que presenta este sistema de labranza conservacionista es que requiere de suficiente mano de obra, cuando se implementa en áreas grandes; no es posible efectuarla en suelos húmedos y en terrenos con pendientes superiores a 15%, ya que el tractor no puede trabajar en contorno.

#### **6.3.4.2.- LABRANZA MINIMA**

También se le conoce con los nombres de *Labranza en Cobertura*, *Labranza Reducida* o *Labranza Superficial*.

La labranza mínima es un concepto muy antiguo, cuyo origen se remonta a mediados del siglo XIX.

Los sistemas de labranza mínima se han creado principalmente para controlar la erosión del suelo, pero además ofrecen la posibilidad de reducir el uso de energía en la producción agrícola; también permiten cultivar más tierra con la maquinaria y la mano de obra existente.

A comienzos de los años 60, la labranza mínima se tornó factible para muchos agricultores, cuando los principales fabricantes de maquinaria agrícola comenzaron a producir los implementos especiales que a veces son necesarios para su implementación.

La investigación ha demostrado que los rendimientos tienden a reducirse en sistemas carentes de labranza. No obstante, a veces hay aumentos de producción en sistemas de labranza reducida o de labranza cero, pero este no debe ser el principal objetivo al pensarse en adoptar uno de esos sistemas, sino más bien el control de la erosión, la reducción de costos y el aumento de la eficiencia.

En este sistema de labranza conservacionista la *preparación del suelo consiste en roturar los surcos con piocha, arado o con un rayón, estableciendo surcos de labranza solamente donde se va a colocar la semilla.*

Esta técnica se conoce desde hace varios años en tierras mecanizadas y de poca pendiente; pero actualmente se conocen varias experiencias positivas en tierras de laderas y trabajadas manualmente o con tracción animal.

Tradicionalmente *se combina de preferencia con la previa aplicación de herbicidas para controlar las malezas en la parte no roturada; pero debido al alto costo de los insumos y al efecto negativo del uso indiscriminado de estos, se recomienda combinarla con la técnica de manejo de rastrojos.*

La labranza mínima en su *forma extrema es la Cero Labranza, llamada también Siembra Directa porque la siembra se realiza directamente en el suelo.*

#### 6.3.4.2.1.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Labranza Mínima:

- . Es un sistema que requiere el uso de aperos de labranza primaria y secundaria para aflojar y/o mezclar el suelo y para incorporar al mismo parte del rastrojo del cultivo anterior e inmediatamente después de la siembra dejar la superficie cubierta con por lo menos 30% de los residuos
- . Consiste en trabajar superficialmente el suelo para destruir los terrones gruesos y voltear ligeramente la tierra
- . Consiste en limitar la roturación del suelo a los surcos donde se va a depositar la semilla

• Es la menor cantidad de labranza requerida para crear las condiciones de suelo adecuadas para la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta

• Consiste en limitar la roturación y el laboreo del suelo solamente a los surcos donde se va a sembrar; el resto del terreno queda sin disturbar

Este sistema es *adecuado para todo tipo de suelos, excepto los extremadamente pesados y para casi cualquier terreno con topografía que no tenga demasiada inclinación.*

#### **6.3.4.2.2.- VENTAJAS**

Entre las ventajas que presenta la Labranza Mínima podemos citar las siguientes:

- Es el medio más económico y efectivo para controlar la erosión
- Requiere menos combustible y puede reducir el gasto de energía en 30 - 70%
- Ayuda a conservar la humedad del suelo, ya que cuanto menos se labra el suelo habrá menos escurrimiento y más absorción del agua
- Produce menor compactación del suelo y mejora la estructura del mismo
- Favorece un mayor contenido de materia orgánica en el suelo, lo que favorece la retención de humedad, por lo cual la germinación de la semilla y la emergencia de plántulas se mejoran
- Se evita cultivar el espacio entre cada labranza y por lo tanto se gana tiempo
- Se mantiene la vegetación entre surcos, lo que ayuda a sostener la tierra en terrenos sueltos y a veces producir más desechos vegetales



6.3.4.2.3.- *DESVENTAJAS*

La utilización de la Labranza Mínima presenta las siguientes limitantes:

- . El eventual uso de herbicidas conlleva a costos y efectos negativos para el medio ambiente
- . Se requiere más mano de obra para realizar la limpia
- . Al reducirse la labranza se agravan los problemas de malezas, lo que requiere mayor uso de herbicidas

6.3.4.2.4.- *SISTEMAS DE LABRANZA REDUCIDA*

Los sistemas de labranza reducida se pueden *clasificar en cuatro grupos: siembra directa en suelo arado, siembra en suelo labrado una vez o con un poco de rastrojo, labranza en franjas y la no labranza o cero labranza.*

Para que un sistema de labranza mínima tenga *éxito* debe llenar los siguientes *requisitos básicos*:

- . El cultivo inicial debe ser tener una buena población para que los subsiguientes sean productivos
- . El sistema debe ser adaptado a suelos específicos

Todos los métodos de labranza mínima se *pueden utilizar en suelos arenosos ya que estos pueden trabajarse húmedos o secos y es fácil obtener una cama para la semilla fina y un buen contacto semilla-suelo.*

Además estos sistemas se pueden implementar en *suelos francos y francos-limosos, si tienen buena estructura, se aren y siembran cuando el contenido de humedad este cercano al óptimo.* En el caso de los *suelos franco-arcillosos y arcillosos* hay que seleccionar el método muy cuidadosamente; *se recomienda por lo general pasar la rastra y sembrar simultáneamente.*

A continuación haremos una breve descripción de los métodos de labranza mínima que se adaptan mejor a las condiciones de cultivo en laderas.

#### 6.3.4.2.4.1. LABRANZA MINIMA CONTINUA O EN FAJAS

Es una forma de labranza donde *se remueve solamente una faja estrecha (20 - 30 centímetros de ancho) la cual será ocupada por el cultivo.*

La remoción del suelo dentro de esta faja se hace hasta una *profundidad de aproximadamente 20 - 30 centímetros y la tierra entre los surcos labrados se deja sin tocar.*

La *distancia entre las fajas dependerá del tipo de cultivo y de la densidad de siembra deseada; el trabajo se realiza en general con arado de bueyes o manualmente con pico o azadón.*

Este tipo de labranza *reduce sustancialmente la cantidad de trabajo necesario para cultivar una parcela, por lo que se adapta bien a los cultivos que no necesitan un cuidado tan intensivo y sembrados en extensiones grandes (por ejemplo maíz, frijol, arroz).*

#### 6.3.4.2.4.2.- LABRANZA MINIMA INDIVIDUAL

En este tipo de labranza *se prepara la tierra solamente alrededor del sitio donde se va a sembrar; la remoción del suelo se hace en forma circular a unos 20 - 30 centímetros alrededor de este sitio; en esta práctica se deja sin tocar el área entre surcos, al igual que el espacio entre posturas.*

Este sistema de labranza mínima *reduce el trabajo necesario para cultivar una parcela y se recomienda utilizarlo en cultivos como: papa, yuca y para algunas hortalizas (por ejemplo repollo, tomate).*

## 6.3.4.2.4.3.- CERO LABRANZA

La práctica de Cero Labranza o *No Labranza* permite producir cultivos sin destruir el suelo, para así extraer el máximo rendimiento de un suelo sin alterar su estructura.

Este sistema comprende la *siembra directa* a través del *rastrojo inalterado* del cultivo anterior, dejando cubierta más del 90% de la superficie, inmediatamente después de la siembra.

No es de aplicación universal, pero es la práctica más adecuada para suelos bien drenados y especialmente efectiva para controlar la erosión en terrenos de laderas.

La *cero labranza* es la forma de *siembra tradicional* en laderas que consiste en la *apertura de un pequeño agujero* en el suelo con un *chuzo*, con suficientes dimensiones para enterrar la semilla en suelos sin labrar y cubiertos de residuos vegetales.

## 6.3.4.2.4.3.1.- VENTAJAS

- . Elimina el uso de arado, rastras y cultivadores
- . Permite sembrar suelos de laderas
- . Elimina hasta 95% la erosión hídrica del suelo
- . Permite sembrar todos los años sin descanso del suelo y usando el rastrojo del cultivo anterior
- . Mejora notablemente la infiltración del agua de lluvia y de riego
- . Mejora la posibilidad de dos cosechas al año

## 6.3.4.2.4.3.2.- DESVENTAJAS

La *cero labranza* tiene las mismas limitantes que la labranza convencional, no se recomienda utilizarla en suelos con pH y contenido de fósforo bajos, porque se requiere labrar el suelo para incorporar la cal y el fertilizante fosforado antes de la siembra.

Otras desventajas que presenta este sistema de labranza se mencionan a continuación:

- No provee casi ninguna ventaja en cuanto a almacenamiento de humedad, desarrollo de las raíces y control de malezas e insectos
- Tradicionalmente este sistema de labranza va asociado con la quema de los rastrojos antes de la siembra, lo cual aumenta la susceptibilidad del suelo a la erosión
- Es necesario realizar a menudo un fuerte programa de control de malezas

En conclusión podemos afirmar que *la cero labranza es el método más simple, totalmente biológico, de conservar el suelo; el que sustituye a todas las técnicas creadas para el control de la erosión hídrica y eólica; el cual surge como una real solución a los problemas de erosión para evitar en un 100% el daño que causa el arado.*

En resumen, todo agricultor puede reducir las operaciones de labranza, pero la verdadera labranza mínima debe ser adoptada sólo por quienes primero están dispuestos a estudiar los métodos disponibles y probarlos en algunos de sus campos.

Si un agricultor desea probar la labranza mínima debe estar enterado de las desventajas que le aguardan y no abandonar su sistema de labranza convencional hasta que se convenza, a través de los ensayos en sus campos, que el sistema de labranza reducida que escoja le rendirá beneficios.

#### **6.4.-        *TECNICAS TRADICIONALES DE SIEMBRA QUE FOMENTAN LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA***

##### **6.4.1.-        *SIEMBRA AL ESPEQUE***

La siembra al espeque es una *técnica tradicional de siembra que consiste en abrir un pequeño agujero en el suelo con un instrumento punzante (con o sin base de metal) para depositar la semilla que se realiza en terrenos de ladera, para lo cual hay que eliminar la maleza en el área de siembra.*

**6.4.1.1.- VENTAJAS**

Entre las ventajas que presenta este sistema de siembra podemos citar las siguientes:

- . Es una técnica tradicionalmente conocida
- . Facilita las labores culturales
- . La fertilización se realiza en forma localizada
- . No se rotura la totalidad del suelo

**6.4.1.2.- DESVENTAJAS**

Entre las limitantes que la siembra al espeque presenta cabe mencionar:

- . Se combina a menudo con el uso de herbicidas quemantes
- . Alto costo de mano de obra
- . No mejora la conservación del agua

**6.4.2.- SIEMBRA TAPADA**

La siembra tapada *consiste en depositar la semilla al voleo entre la maleza y luego taparla con los residuos de la chapia; lo cual forma una cobertura bajo la cual la semilla germinará y emergerá de la misma.*

En este sistema de siembra *no se rotura el suelo y se recomienda utilizarlo en parcelas de desmonte el primer y segundo año de explotación de la tierra.*

**6.4.2.1.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Algunas *ventajas* que presenta esta práctica son el que *se disminuyen las labores agrícolas, su bajo costo y entre las limitantes* figuran las *altas densidades de semilla que se requieren para la siembra y el menor porcentaje de germinación de las mismas debido a excesos de humedad, poca aeración y ataque de patógenos.*

#### 4.3.- SIEMBRA EN RELEVO

Es una técnica tradicional de siembra que se utiliza principalmente en granos básicos (Maíz-Frijol o Maíz-Ajonjolí), a cual consiste en sembrar dos cultivos en el mismo terreno y en diferentes épocas.

Lo primero que se hace es establecer el cultivo de ciclo más largo (Maíz), cuando éste esta llegando a su período de madurez y se practica el descope o doble se efectúa la siembra del segundo cultivo (Frijol-Ajonjolí) en forma manual y sin roturar el suelo en las calles del maíz.

##### 4.3.1.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Algunas de las ventajas que presenta este sistema de siembra, se enumeran a continuación:

Se obtienen dos siembras en el mismo terreno

Se reducen los costos de producción

El agricultor obtiene mayores beneficios económicos

Se mantiene la humedad del suelo

Favorece el control de malezas

Es necesario para implementar esta práctica realizar investigaciones para determinar el óptimo distanciamiento del primer cultivo y la fecha de siembra óptima del segundo cultivo.

## 6.5.- ARROPE, MULCH O COBERTURA MUERTA

### 6.5.1.- GENERALIDADES

El Arrope Vegetal también denominado Mulch, *consiste en utilizar materiales vegetales muertos para cubrir el suelo, esparciéndolos sobre la superficie de éste; con el finde proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia, reducir la velocidad del agua de escorrentía, aportar materia orgánica fresca al suelo e incrementar la producción en un 50%.*

*Esta práctica puede reducir a la mitad o menos las pérdidas de suelo, según la cantidad de cobertura vegetal utilizada, las características de la lluvia, el tipo de suelo y otros factores; se recomienda utilizarla en todos los cultivos, durante los tiempos muertos cuando no hay cultivo en la parcela y en terrenos con pendientes de 20%; en terrenos con pendientes mayores esta práctica debe ser combinada con obras físicas de conservación de suelo.*

*Cualquier material vegetal residual de cultivos en la parcela o de agroindustrias se puede usar como cobertura, por ejemplo: rastrojos de cultivos anuales, paja, cañas, hojas de banano, broza de café, cachaza, bagazo de caña y otros.*

Los residuos de cultivos retienen una parte de los nutrientes extraídos del suelo y absorbidos por la planta durante su desarrollo.

Generalmente, los residuos tienen una mayor cantidad de materia fibrosa (celulosa) y una menor cantidad de materia verde, lo que resulta en una mayor cantidad de carbono y un nivel menor de nitrógeno (relación de carbono:nitrógeno alta), lo cuales factor que inhibe la rápida descomposición del material.

*El mulch puede provenir de los residuos de la misma parcela o de otra, o de un cultivo implementado con tal propósito, pero en este caso puede haber competencia con otros cultivos por el uso del suelo.*

Teniendo en cuenta la manera en la que el rastrojo ayuda a evitar la erosión causada por el agua y el viento, es evidente que el control de esos dos tipos de erosión aumenta con el porcentaje de cobertura del suelo.

*El rastrojo evita la erosión de tres maneras:*

- . Mitiga el impacto de las gotas de lluvia al evitar que golpeen directamente la superficie y desprendan partículas de suelo
- . Evita o reduce el efecto compresor causado por el impacto de las gotas de lluvia, permitiendo así mejores tasas de infiltración, menos escurrimiento y mejor almacenamiento del agua en el suelo
- . Reduce la velocidad del agua de escorrentía y su capacidad para arrastrar las partículas desprendidas del suelo

*El rastrojo puede controlar la erosión eólica al reducir su velocidad en la superficie del suelo, evitando de esta forma que gran parte de la fuerza directa del viento llegue hasta las partículas erosionables. También atrapa las partículas del suelo en movimiento, evitando su arrastre por el viento.*

#### 6.5.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Cobertura Muerta:

- . Consiste en el corte y picado del material vegetal muerto y su dispersión en todo el campo, para cubrir el suelo
- . Es la práctica de mantener cubierto el suelo entre las plantas de cultivo, con una capa de material orgánico seco
- . Consiste en utilizar racionalmente el rastrojo y/o el material vegetal existente en el campo como alternativa a la quema



**6.5.3.- VENTAJAS**

Al implementar esta practica en su parcela el agricultor obtiene los siguientes beneficios:

- . Conserva la humedad evitando la evaporación del agua en el suelo
- . Regula la temperatura a nivel del suelo; por lo que las temperaturas máximas del día no llegan a maltratar el sistema radicular superficial de los cultivos; por lo tanto el suelo no se calienta durante el día ni se enfría durante la noche
- . Controla de manera natural las malezas
- . Puede combinarse con todas las técnicas posibles
- . Facilita la preparación del terreno para cultivos
- . Controla la Babosa, ya que esta se alimenta del mulching y por lo tanto ataca menos al cultivo
- . Favorece grandemente la actividad biológica del suelo lo que contribuye a mejorar las propiedades químicas y físicas
- . Permite una incorporación lenta de materia orgánica al suelo
- . Mantiene la sombra en la superficie del suelo, permitiendo mayor actividad de lombrices de tierra y microorganismos, manteniendo así vivo y abierto el suelo
- . Evita que las gotas de lluvia golpeen directamente el suelo, con lo que se reduce la erosión por salpicamiento, la formación de la película obturadora de la superficie del suelo y se aumentan las probabilidades de que el agua penetre en este
- . La tierra se enriquece porque toda la basura se pudre y abona la misma

Permite una mayor infiltración del agua de lluvia o de riego en el suelo y aumenta la capacidad de almacenamiento de la misma, ya que se retarda la evaporación en la superficie del mismo

Retarda el flujo superficial del agua, lo que permite que esta disponga de más tiempo para infiltrarse en el suelo

#### 6.5.4.- *DESVENTAJAS*

El uso de esta practica presenta las siguientes limitantes que a continuación se mencionan:

Se requiere de mucha mano de obra para trasladar y esparcir los materiales en el campo

En algunos casos los residuos del cultivo no pueden usarse por motivos sanitarios y deben ser evacuados y quemados (por ejemplo papa, tomate)

La quema tradicional en muchos cultivos combustiona el material disponible

Disminuye el rendimiento en el primer año si no se hace aporte de urea

Dificulta el trabajo del arado

Cuando se utiliza rastrojo proveniente de gramíneas (Maíz, Sorgo) durante el primer y segundo año se puede inmovilizar temporalmente el Nitrógeno del suelo mientras se descompone parte del rastrojo; por lo tanto es necesario adicionar algún fertilizante nitrogenado extra para remediar este problema

### 6.5.5.- RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE COBERTURAS MUERTAS

Se recomienda usar toda la biomasa proveniente de la misma parcela; ya sean rastrojos, residuos de poda y de chapia, para formar una capa de hojarasca.

En el caso de materiales gruesos (hojas de banano) estos se deben picar en trozos pequeños para que el Mulch forme una capa permeable y fácil de descomponer.

La forma de aplicar la cobertura muerta depende del tipo de cultivo; por ejemplo para cultivos anuales y perennes en surcos, esta se aplica en bandas en las calles.

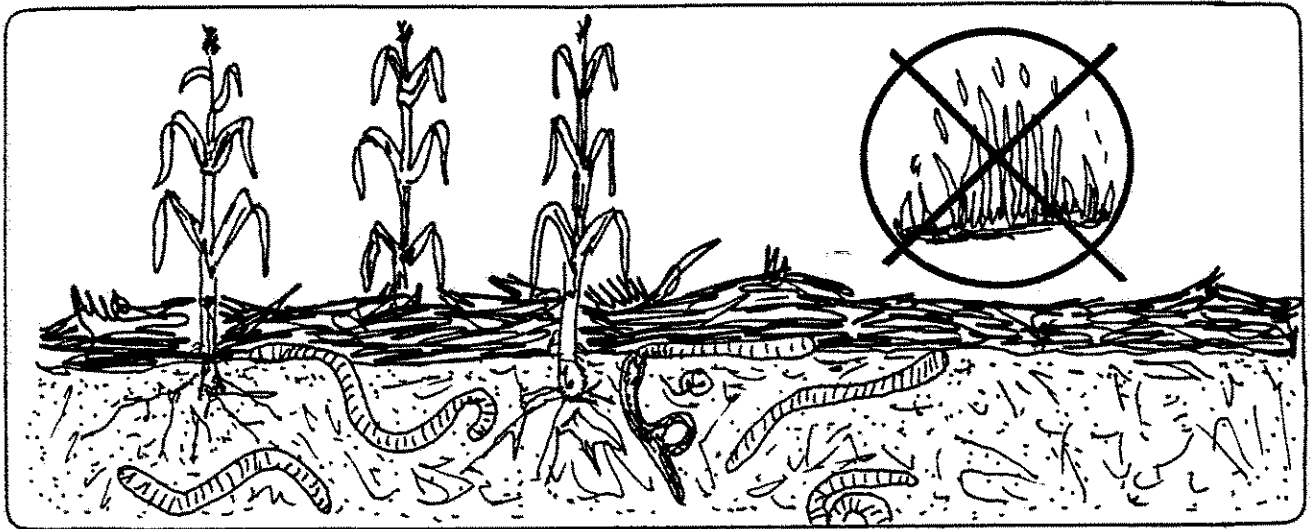
En las plantaciones perennes se puede aplicar en una rueda alrededor del árbol sin que esta tenga contacto con el tronco, con un espesor de 10 - 20 centímetros. En parcelas en descanso, la aplicación debe ser uniforme sobre toda la superficie.

Para aprovechar como cobertura orgánica muerta los residuos de los cultivos y al mismo tiempo efectuar las operaciones agrícolas se han ideado los métodos de Labranza con Cobertura Vegetal; la cual es un método que permite el cultivo en los terrenos donde la totalidad o casi la totalidad de los restos del cultivo anterior se han dejado sobre la superficie del suelo o a poca profundidad.

La labranza con cobertura vegetal para combatir la erosión es útil durante los períodos en que las plantas que se cultivan no protegen adecuadamente el suelo.

Por lo tanto, es importante el manejo adecuado de los rastrojos ya que estos contribuyen a la conservación y recuperación del suelo, así como a la conservación del agua.

La siguiente figura nos muestra el como el uso de la Cobertura Muerta contribuye a mejorar la estructura del suelo por medio de su acción sobre la Actividad Biológica de las Lombrices (Tomado del Manual Técnico de Conservación de Suelos de Perú, Ministerio de Agricultura, 1985)



#### 6.6.- *POLICULTIVOS*

##### 6.6.1.- *GENERALIDADES*

Los Policultivos también denominados *Cultivos Múltiples* son un *componente importante de la agricultura tradicional en zonas planas o de ladera, pero también son aplicables en sistemas intensivos de uso de la tierra en países en vías de desarrollo.*

Estos sistemas han estado recibiendo una atención creciente en los últimos años, debido a que *estos constituyen una estrategia para aumentar los alimentos y los ingresos de los pequeños agricultores y se usan en cultivos anuales, permanentes o en la combinación de ambos.*

La función principal de los policultivos es aumentar la cobertura vegetal en el tiempo y en el espacio; ya que forman diferentes estratos arriba del suelo con lo cual este queda protegido del impacto de las gotas de lluvia y además se disminuye la velocidad del agua de escorrentía y se reduce el riesgo de erosión.

La expresión "*Cultivos Múltiples*" se ha vuelto confusa, debido a que ha sido utilizada para describir diferentes patrones de siembra; su uso no debería estar limitado, como a veces sucede, a un patrón en particular, tal como "*Cultivos Intercalados*".

Después de un período de intensa especialización en Monocultivos, durante los años sesenta, la investigación en producción de cultivos se amplió hasta incluir todos los aspectos de los Sistemas de Cultivos Múltiples.

#### 6.6.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Policultivos:

- . Varios cultivos que crecen al mismo tiempo y en el mismo espacio y diversifican la parcela, la disposición espacial puede ser en surcos o en fajas
- . Sistemas en los cuales dos o más especies se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia inter-específica y/o complementación. Estas interacciones pueden tener efectos inhibidores o estimulantes en los rendimientos

#### 6.6.3.- VENTAJAS

Entre los diversos beneficios que proporcionan los Policultivos podemos citar los siguientes:

- . Permiten a los agricultores varios productos agrícolas sobre la misma parcela, con una producción generalmente mayor y escalonada

Tienen efectos sobre la dinámica de las poblaciones de insectos plaga, lo que resulta en menos daño a los cultivos, supresión de malezas debido a sombreamiento o Alelopatía, mejor uso de los nutrientes y mejoramiento de la productividad por unidad de superficie

La sombra que otorga un cultivo alto en un policultivo puede afectar el desarrollo de los insectos; por ejemplo las intensidades bajas de luz pueden producir inhibición alimentaria en Cicadélidos (Altieri y Letourneau, 1982, Citado por CLADES, 1993)

La presencia de una planta alta en un policultivo puede afectar los estímulos visuales por medio de los cuales los insectos plaga se orientan hacia su planta hospedera apropiada o puede interferir con el movimiento y la dispersión de los herbívoros dentro del sistema

La inclusión de cultivos de Leguminosas y otras plantas en un policultivo que amparan poblaciones de Afidos que sirven de presa alternativa, puede mejorar la supervivencia y reproducción de insectos benéficos en los agroecosistemas

Tienen menos riesgo que un monocultivo. Si un cultivo se pierde por causa de la sequía o las plagas, el otro sí produce por ser más resistente

Al mantener Leguminosas en el policultivo, se benefician los demás cultivos, porque las mismas producen abono nitrogenado

En muchos policultivos se cubre el suelo de tal manera, que la maleza no crece (por ejemplo el Frijol Abono)

La diferente altura de las plantas en el policultivo ayuda a aprovechar mejor la luz y da frescura o sombra a las plantas que la necesiten

Se aprovechan mejor el agua y los nutrientes y no hay tanta competencia entre los cultivos; por ejemplo las Leguminosas tienen raíces profundas lo que favorece la infiltración y la retención del agua en el suelo

- . En un policultivo hay más control natural, ya que las plagas y enfermedades tienen más enemigos naturales
- . En un policultivo pueden haber plantas que cubren bien el suelo y lo protegen contra el agua de escorrentia y la erosión y mejoran la infiltración del agua en el suelo
- . El policultivo puede incluir un cultivo que produzca materia orgánica a través de la descomposición de sus restos (hojas, tallos, raíces) después de la cosecha y de esta manera mejorar la fertilidad del suelo

#### 6.6.4.- DESVENTAJAS

Los policultivos presentan la limitante de que *requieren de mano de obra e insumos suplementarios por unidad de área para poder manejar los cultivos adicionales ya que dificultan la mecanización sobre todo en la época de cosecha*; otro aspecto que hay que analizar es que *los agricultores practican una agricultura comercial con una sola especulación y no aceptan en muchos casos disponer un metro cuadrado de su parcela para diversificarla*.

#### 6.6.5.- CLASIFICACION

Según Hart, 1974, citado por CLADES, 1993; los policultivos se pueden clasificar de la siguiente manera:

##### 6.6.5.1.- POLICULTIVO COMENSALISTICO

En este caso la *interacción entre las especies de cultivos a utilizarse tienen un efecto positivo neto sobre una especie y ningún efecto observable sobre la otra especie (por ejemplo policultivos de Cacao-Coco)*.

**6.6.5.2.- POLICULTIVO AMENSALISTICO**

En este sistema la interacción entre las especies de cultivos a implementar tienen un efecto negativo en una especie y ningún efecto observable en la otra (por ejemplo Plantas Anuales intercaladas entre Plantas Perennes).

**6.6.5.3.- POLICULTIVO MONOPOLISTICO**

En este caso la interacción entre las especies de cultivos utilizados tienen un efecto positivo neto en una especie y un efecto negativo en la otra (por ejemplo el uso de Cultivos de Cobertura en huertos).

**6.6.5.4.- POLICULTIVOS INHIBITORIOS**

En este caso la interacción entre los cultivos implementados tienen un efecto negativo neto sobre todas las especies (por ejemplo Cultivo Intercalado que involucra la Caña de Azúcar).

**6.6.6.- MANEJO DE POLICULTIVOS**

El manejo de los policultivos consiste básicamente en el diseño de combinaciones espaciales y temporales de cultivos en un área determinada.

En el diseño y manejo de estos sistemas la estrategia consiste en minimizar la competencia y maximizar la complementación entre las especies de la mezcla.

Cada patrón de policultivos debe ser diseñado con cuidadosa atención en lo que se refiere al tipo de plantas, distribución de las plantas, tiempo adecuado de siembra, condiciones del suelo etc.

La distribución de los cultivos en el espacio puede consistir en sistemas tales como Cultivo en franjas, Cultivo Intercalado, Cultivo en hileras mixtas y Cultivos de Cobertura.



En la siguiente figura podemos apreciar algunos Diseños Espaciales de Policultivos

X	X	X	X	X	O
X	X	X	X	X	O
X	X	X	X	X	O

*PLATAACION EN LOS  
BORDES*

X	X	X	O	O	X	X	X	O	O	X	X	X
			O	O				O	O			

*CULTIVOS EN  
FRANJAS*

X	X	X	O	O	X	X	X	O	O	X	X	X
			O	O				O	O			

X	X	X	O	O	X	X	X	O	O	X	X	X
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
	O		O		O		O		O

*CULTIVOS  
INTERCALADOS*

X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
	O		O		O		O		O

X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

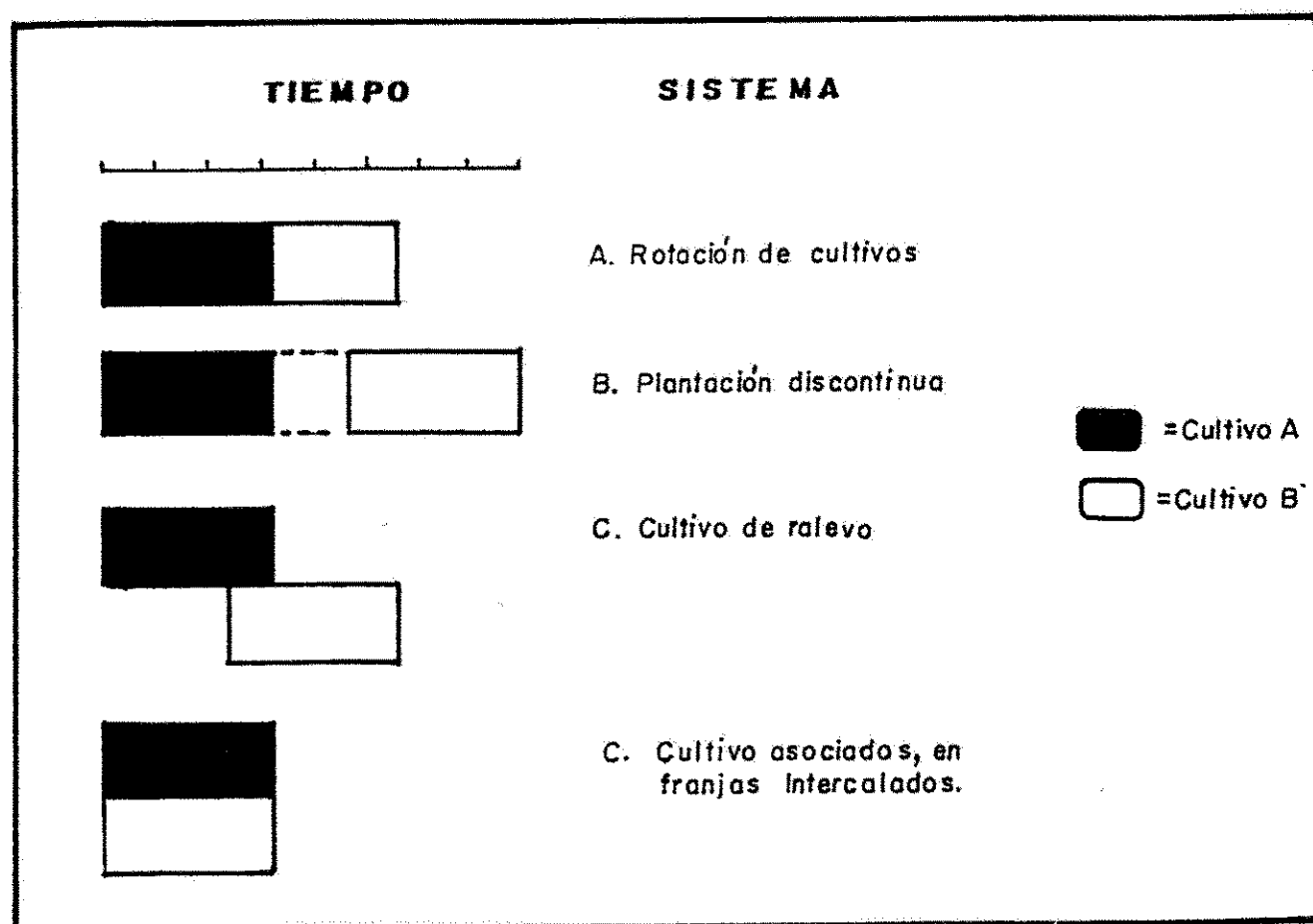
	X			O			X			O
		X				O				
X			O		X		X		O	X
O	O	X		X		X		O	O	
		X	O		X			O		
X	O		X			O	X		X	X

*CULTIVOS ASOCIADOS  
O MEZCLADOS*

CLAVE: X : Cultivo 1 O : Cultivo 2

La distribución de los cultivos en el tiempo puede variar de acuerdo a si los Cultivos Mixtos se plantarán simultáneamente o en secuencia como *Cultivos Rotativos* (por ejemplo plantar un cultivo después de la cosecha del primero), *Cultivo de Relevo* (sembrar un cultivo después del florecimiento del primero, pero antes de su cosecha), *Cultivo de Vástagos* (la cultivación del rebrote después de su cosecha), o si los cultivos se combinan en una forma sincrónica o asincrónica, o en un patrón de plantación continuo o discontinuo.

La siguiente figura nos muestra diferentes Tipos de Arreglos Cronológicos para Cultivos en un Agroecosistema



Al analizar las alternativas de los cultivos múltiples debemos tener en cuenta que la variedad y la tecnología que utilizemos serán los elementos más importantes que debemos considerar para su implementación, ya que cada patrón de cultivos impone a las plantas sus propias demandas, por lo tanto es fundamental que se escojan variedades genéticamente capaces de tener un comportamiento superior.

*La elección del tipo de diseño a utilizar en un cultivo múltiple debe estar acorde con las necesidades nutricionales y preferencias locales del productor, con la factibilidad económica y con las ventajas de rendimiento de la mezcla.*

#### 6.7.- CULTIVOS INTERCALADOS

El Intercalado de Cultivos consiste en la *siembra conjunta de dos cultivos distintos en el mismo campo y al mismo tiempo.*

Este sistema de patrón de cultivo *debe ser diseñado cuidadosamente, tomando en cuenta el tipo de planta, la fecha y disposición de siembra y otros elementos.*

Las *características deseables que deben poseer los cultivos que van a formar parte de un sistema de cultivos intercalados* son las siguientes:

- . Insensibilidad fotoperiódica
- . Madurez precoz y uniforme
- . Baja estatura y resistencia al doblamiento
- . Elasticidad poblacional
- . Resistencia a los insectos y enfermedades
- . Repuesta eficiente a la fertilidad del suelo
- . Alto potencial de rendimiento

Entre los *tipos más comunes de mezclas de cultivos intercalados* podemos mencionar los siguientes:

- . Combinar plantas bajas y altas en el que ambos cultivos se planten al mismo tiempo, pero el cultivo más alto se cosecha primero; es el tipo más común. Por ejemplo establecer Maíz (cultivo más alto) el cual se cosecha a los tres meses intercalado con Arroz el que se cosecha después de cuatro meses

- . Combinar dos cultivos altos con diferentes velocidades de crecimiento o diferentes fechas de siembra, de tal forma que uno madure antes que el otro. Por ejemplo establecer Maíz o Sorgo que maduran a los tres meses con Yuca que se demora diez meses en madurar
- . Intercalar un cultivo de corta duración y baja estatura, plantando al mismo tiempo un cultivo más alto, de crecimiento y larga maduración. Por ejemplo establecer Soya o una Hortaliza con Caña de Azúcar
- . Intercalar una planta baja de maduración temprana bajo una planta más alta; la productividad de esta combinación es incierta pero puede haber beneficios compensatorios. Por ejemplo Frijol Mungo bajo Maíz

En síntesis podemos decir que la siembra intercalada de cultivos sirve para alcanzar diferentes objetivos agrícolas, para cada objetivo hay ciertas combinaciones de cultivos específicos, que resultan ser las más apropiadas.

#### 6.7.- *CULTIVOS DE COBERTURA (COBERTURAS VIVAS)*

##### 6.7.1.- *GENERALIDADES*

El uso de Coberturas Vivas, sobre todo *Leguminosas* herbáceas, proporciona una serie de *beneficios para la conservación de suelos actuando como cobertura del suelo contra la erosión* y sobre todo, *fijando nitrógeno que en gran parte es recuperado por los cultivo.*

Para que el beneficio de la fijación de nitrógeno sea aprovechado, *la cobertura viva debe incorporarse, por lo menos en los surcos cuando se realice labranza mínima;* por esta razón, su uso debe ser programado dentro del sistema de conservación de suelos y agua para que sea compatible con las prácticas implementadas.

Los cultivos de cobertura se utilizan para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias, para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo; por lo tanto deben establecerse después de la cosecha del cultivo principal ya que así se evita que los agentes erosivos (agua y viento) produzcan pérdidas de suelo.

El uso de cultivos de cobertura es importante en áreas donde después que ha sido cosechado el cultivo principal el suelo queda expuesto a los agentes de la erosión y entre plantaciones frutales, en las cuales no forman una cobertura total sobre la superficie del suelo.

Esta práctica se puede aplicar en cualquier sistema de cultivos perennes, pero también se pueden utilizar en cultivos anuales y son de particular importancia en zonas de ladera; se recomiendan para terrenos de Clase I a VI que presenten factores limitantes de topografía y erosión. Asimismo, se pueden implementar en áreas lluviosas donde los terrenos sean de textura gruesa, lo mismo que en zonas susceptibles a la erosión eólica.

En los terrenos de Clase I su uso se restringe básicamente a reponer la materia orgánica que se ha agotado por acción de los cultivos intensivos.

En cambio en los terrenos Clase II a IV, además de proporcionar materia orgánica al suelo, esta práctica sirve para disminuir los escurrimientos superficiales y oponer resistencia a la acción de los vientos.

Los principales cultivos de cobertura lo constituyen los Pastos, sin que esto excluya la posibilidad de utilizar Leguminosas.

**6.7.2.- DEFINICION**

A continuación se presentan algunas definiciones del término Cultivos de Cobertura:

- . Práctica vegetativa que tiene como finalidad formar y establecer una cobertura vegetal en el terreno para conservarlo y mejorarlo
- . Plantas anuales o perennes de sistemas radiculares y foliares densos que se intercalan con el cultivo principal para lograr la completa cobertura del suelo e impedir el desarrollo de las malezas

**6.7.3.- VENTAJAS**

Los cultivos de cobertura son quizá la práctica conservacionista que reporta mayores beneficios inmediatos entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- . Reducen el escurrimiento superficial propiciado por las aguas de lluvia al incrementar la infiltración del agua en el suelo
- . Desarrollan una cubierta vegetal densa que disminuye considerablemente las pérdidas de suelo por efecto de los principales agentes de la erosión (agua y viento)
- . Mejoran las condiciones físicas del suelo por medio de su sistema radicular superficial
- . Protegen el suelo de los cambios bruscos de temperatura
- . En el caso de utilizar gramíneas, estas presentan una alta agresividad para controlar las malezas, son de rápido establecimiento y prosperan relativamente bien a la sombra
- . Propician el desarrollo de una Pradera Artificial, útil como fuente adicional de pastoreo para el ganado

- . Permiten un mejor aprovechamiento del recurso suelo, ya que algunas veces el agricultor puede obtener dos cosechas en forma simultánea o casi simultánea, una del cultivo y otra del forraje
- . Algunas veces estos cultivos pueden incorporarse al suelo como abonos verdes
- . Reducen hasta en un 50% las necesidades de fertilización nitrogenada del cultivo principal

#### 6.7.4.- DESVENTAJAS

Esta práctica vegetativa presenta las siguientes limitantes:

- . Estos cultivos compiten con el cultivo principal por humedad, luz y nutrientes, cuando se establecen al mismo tiempo y en algunos casos reducen los rendimientos del cultivo comercial. Esto puede atenuarse implementando fechas específicas sobre la secuencia de siembra de las dos especies de cultivo (Comercial, Cobertura)
- . Pueden ser hospederos alternantes de plagas o enfermedades, que en cualquier momento pueden ocasionar problemas en el desarrollo normal del cultivo comercial. Por ejemplo algunas Leguminosas pueden ser hospederos de nematodos
- . En pendientes superiores al 15% deben combinarse con otras obras de conservación de suelos como por ejemplo Terrazas Individuales o Acequias de Ladera; las cuales en combinación con el cultivo de cobertura permitirán el control de la erosión y el manejo adecuado del cultivo principal
- . En el caso de utilizar gramíneas, estas demoran en lograr la cobertura completa y son difíciles de erradicar y compiten con el cultivo principal, especialmente por Nitrógeno y Fósforo
- . Representan un gasto adicional en la economía de la finca, además de la relativa dificultad en la operación y consecución del material de siembra
- . Costo de la semilla, que para algunas especies puede ser muy elevado

### 6.7.5.- *CARACTERISTICAS DESEABLES QUE DEBE POSEER UNA PLANTA DE COBERTURA*

Son muchas las especies que se pueden utilizar como plantas de cobertura, su selección dependerá de las condiciones climáticas, organización de la finca, valor de la semilla, facilidades de su cultivo, etc; generalmente se recomienda utilizar Leguminosas.

Existen varias características deseables que deben tener las plantas de cobertura, sin que ello implique que todas las especies utilizadas para tal fin, siempre deban cumplir con todos estos requisitos.

Estas *características* son las que a continuación se mencionan:

- . Se adapte bien a las condiciones agroecológicas de la región donde se desea implementar
- . Sea de hábito rastrero, con el fin de proporcionar el mayor recubrimiento en el menor tiempo posible; perenne, resistente al pisoteo y a la sombra
- . Tolerar las condiciones propias de la asociación a que esté sometida con el cultivo comercial; esto significa que la sombra del cultivo principal no limitará el desarrollo del cultivo de cobertura
- . De preferencia debe ser una Leguminosa debido a la deficiencia generalizada de nitrógeno en los suelos y además porque estas se pueden utilizar como Abono Verde o Forraje; para ello estas deben mostrar una nodulación efectiva
- . Tener gran poder de propagación e invasión o sea que sea de crecimiento rápido de tal manera que permita cubrir rápidamente el suelo
- . Tener baja competencia en cuanto a luz, agua y nutrientes con el cultivo principal
- . Competir con las malezas indeseables, para lo cual se recomienda utilizar gramíneas



## 6.7.6.- TIPOS DE CULTIVOS DE COBERTURA

## 6.7.6.1.- CULTIVOS DE COBERTURA EN PLANTACIONES PERENNES Y SEMIPERENNES

En este tipo de plantaciones los espacios entre hileras y plantas pueden utilizarse para establecer cultivos de cobertura, los que posteriormente se aprovecharán como forraje verde, heno, grano o bien como abono verde, de acuerdo con la especie cultivada.

Los huertos frutales y los cafetales, cuando se hallan localizados en terrenos con pendientes, deben mantenerse hasta donde sea posible con alguna cobertura viva entre las calles.

Estos cultivos de cobertura según el grado de asociación con el cultivo principal se dividen en:

## 6.7.6.1.1.- CULTIVOS DE COBERTURA COMPLETA

En esta categoría se encuentran los cultivos que cubren la totalidad del terreno que el cultivo comercial deje libre.

Asimismo, estos cultivos según el tiempo que permanecen asociados con el cultivo principal, se subdividen en:

## 6.7.6.1.1.1.- CULTIVOS DE COBERTURA COMPLETA PERMANENTES

Son aquellos cultivos de cobertura que permanecen asociados por un tiempo considerable, de 2 a 3 años.

## 6.7.6.1.1.2.- CULTIVOS DE COBERTURA COMPLETA PERIODICOS

Este tipo de cultivos sólo cubren el terreno a intervalos o una parte del año.

## 6.7.6.2.- CULTIVOS DE COBERTURA EN CULTIVOS ANUALES

Cuando se deseen desarrollar cultivos limpios (escardados) como por ejemplo Maíz, Algodón, etc; se puede implementar un cultivo de cobertura; de tal forma que al cosechar el cultivo principal el suelo quede protegido por el cultivo de cobertura, procurando para ello que la competencia entre ambos cultivos sea mínima.

Una *variante* a este sistema lo constituye el hecho de que no se desee establecer cultivos de escarda año con año, sino *establecer una pradera*; en este caso *al principio se siembra el cultivo limpio y antes de cosecharlo se siembra la pradera, la cual permanecerá después de cosechar el cultivo principal y de esta manera se genera una ganancia adicional.*

#### 6.7.7.- ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA

Existen *tres Sistemas de Manejo de los Cultivos de Cobertura*; los que a continuación se explican brevemente.

##### 6.7.7.1.- SIEMBRA

Este sistema *consiste en sembrar el cultivo de cobertura, con semilla sexual o vegetativa antes o después de el establecimiento del cultivo principal.*

En este sistema y dependiendo de la especie escogida es *necesario hacer o no chapias selectivas para ayudar al establecimiento del cultivo de cobertura.*

En *cultivos anuales es necesario realizar una chapia o una aplicación de herbicida para mantener el cultivo de cobertura entre las calles.*

En el caso de establecer una cobertura viva de *Leguminosas en un cultivo anual, el cultivo de cobertura se establecerá entre las interlíneas del cultivo principal.*

Las Leguminosas *deben ser regularmente cortadas o chapeadas,* para que no afecten el crecimiento del cultivo comercial y los residuos se deben dejar como cobertura (Mulch); para lo cual se recomienda efectuar esta operación en la *estación lluviosa*, para disminuir la competencia hídrica y aprovechar los beneficios de la cobertura.

## 6.7.7.2.- ENMALEZADO SELECTIVO

Este sistema consiste en *aprovechar las especies de malezas como coberturas*.

El *manejo de la cobertura en este sistema puede ser manual manual y química y química*. Se recomienda *mantener la cubierta vegetal entre las calles del cultivo principal y entre las calles de los árboles*.

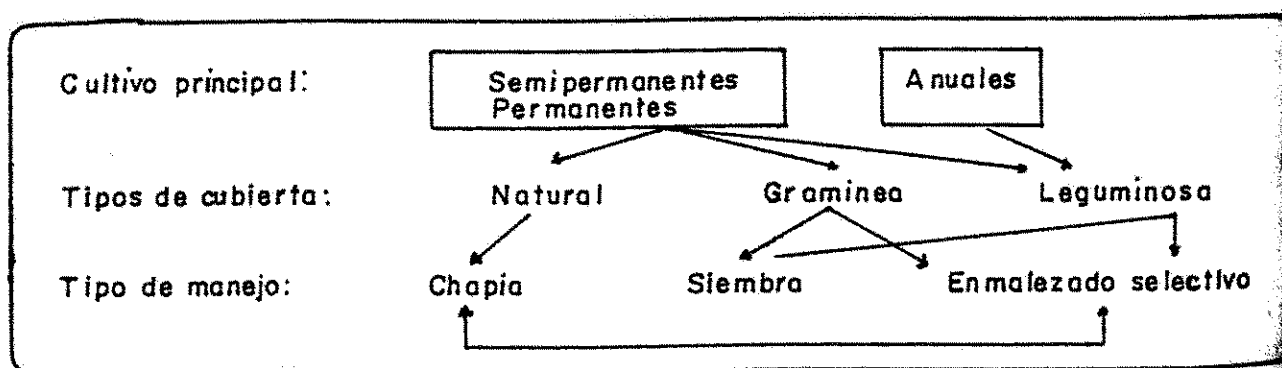
## 6.7.7.3.- CUBIERTA NATURAL

Este sistema consiste en *manejar la cobertura natural en donde van a predominar las gramíneas y en chapearla con frecuencia para mantenerla a un nivel bajo*.

Este sistema es relativamente *económico ya que representa un ahorro de mano de obra, pero presenta el inconveniente de problemas de competencia por nutrientes con el cultivo principal*.

Las *desyerbas se realizan alrededor de los árboles o se pueden practicar en franjas*.

En el siguiente esquema se muestran los Sistemas de Manejo según la Cobertura deseada



**6.8.- CULTIVO EN FAJAS****6.8.1.- GENERALIDADES**

El cultivo en fajas ha mostrado ser de valor considerable para ayudar a contener la erosión en determinados suelos y en determinada topografía del terreno; lo que sumado a una buena rotación de cultivos, disminuye la erosión de los terrenos en los que, debido a la desigualdad de la pendiente o a otros rasgos topográficos, no es posible la construcción de bancales o terrazas.

La *eficacia* del cultivo en fajas para contrarestar la *erosión* que ocasiona el agua de escurrimiento se debe a *dos causas*:

- . Disminución de la velocidad del agua de escurrimiento que fluye por la faja de césped denso
- . Aumento de la velocidad de infiltración del agua en el suelo cubierto de césped, lo que reduce el escurrimiento total

Cuando se disminuye la velocidad del agua de escurrimiento o la cantidad de ésta se reduce, el sedimento procedente de la faja de cultivo en hilera se deposita en la faja pratense.

Se considera que es un *práctica compleja*, en la cual se *combinan la siembra en contorno con rotaciones, plantas de cobertura y en muchos casos con terrazas*.

Esta práctica es *apropiada para terrenos* clasificados en las *Clases II, III y IV*. En los terrenos clase II puede proteger suficientemente el suelo y no es necesario utilizar otras prácticas especiales; en cambio en los terrenos *Clases III y IV* generalmente se deben *combinar con terrazas o acequias de ladera y además se recomienda que la anchura de las fajas con cultivo denso se reduzca*.

## 6.7.7.2.- ENMALEZADO SELECTIVO

Este sistema consiste en aprovechar las especies de male como coberturas.

El manejo de la cobertura en este sistema puede ser manual y química y química. Se recomienda mantener la cubier vegetal entre las calles del cultivo principal y entre las call de los árboles.

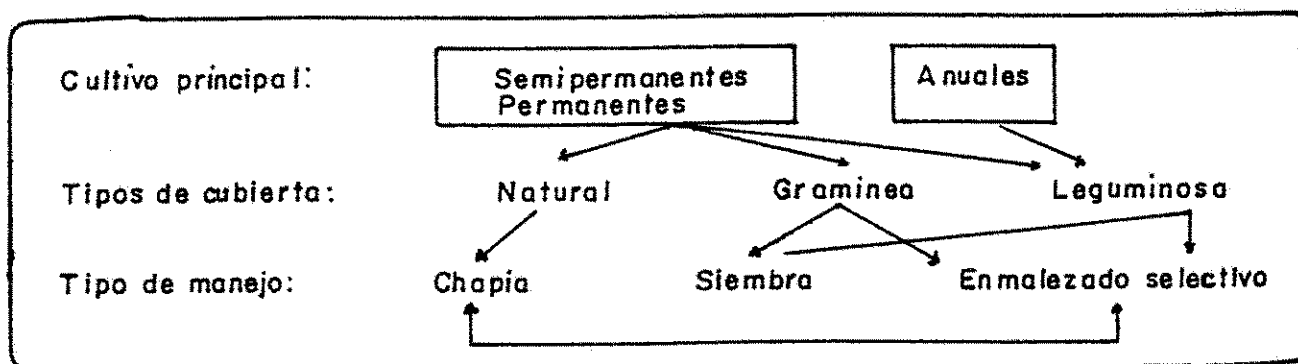
## 6.7.7.3.- CUBIERTA NATURAL

Este sistema consiste en manejar la cobertura natural donde van a predominar las gramíneas y en chapearla frecuencia para mantenerla a un nivel bajo.

Este sistema es relativamente económico ya que representa ahorro de mano de obra, pero presenta el inconveniente problemas de competencia por nutrientes con el cultivo principa

Las desyerbas se realizan alrededor de los árboles o pueden practicar en franjas.

En el siguiente esquema se muestran los Sistemas de Manej según la Cobertura deseada



6.8.- *CULTIVO EN FAJAS*6.8.1.- *GENERALIDADES*

El cultivo en fajas ha mostrado ser de valor considerable para ayudar a contener la erosión en determinados suelos y en determinada topografía del terreno; lo que sumado a una buena rotación de cultivos, disminuye la erosión de los terrenos en los que, debido a la desigualdad de la pendiente o a otros rasgos topográficos, no es posible la construcción de bancales o terrazas.

La *eficacia* del cultivo en fajas para contrarestar la *erosión* que ocasiona el agua de escurrimiento se debe a *dos causas*:

- . Disminución de la velocidad del agua de escurrimiento que fluye por la faja de césped denso
- . Aumento de la velocidad de infiltración del agua en el suelo cubierto de césped, lo que reduce el escurrimiento total

Cuando se disminuye la velocidad del agua de escurrimiento o la cantidad de ésta se reduce, el sedimento procedente de la faja de cultivo en hilera se deposita en la faja pratense.

Se considera que es un *práctica compleja*, en la cual se *combinan la siembra en contorno con rotaciones, plantas de cobertura y en muchos casos con terrazas*.

Esta práctica es *apropiada para terrenos* clasificados en las *Clases II, III y IV*. En los terrenos clase II puede proteger suficientemente el suelo y no es necesario utilizar otras prácticas especiales; en cambio en los terrenos *Clases III y IV* generalmente se deben *combinar con terrazas o acequias de ladera y además se recomienda que la anchura de las fajas con cultivo denso se reduzca*.

**6.8.2.- DEFINICION**

A continuación se presentan algunas definiciones del término Cultivo en Fajas:

- . Sistema utilizado en la conservación de suelos que consiste en cultivar los terrenos de pendiente del 2 al 15% en fajas alternas y de anchura variable, con cultivos de escarda y tupidos (denso), los cuales generalmente siguen un programa o secuela de rotación
- . Disposición de los cultivos de la finca en fajas de anchura variable, de tal forma que cada año se alternan plantas que ofrecen poca protección al suelo con otras de crecimiento denso
- . Sembrar fajas alternas de especies pratenses que crezcan densamente y cultivos en hilera o de cereales perpendicularmente a la pendiente del terreno

**6.8.3.- VENTAJAS**

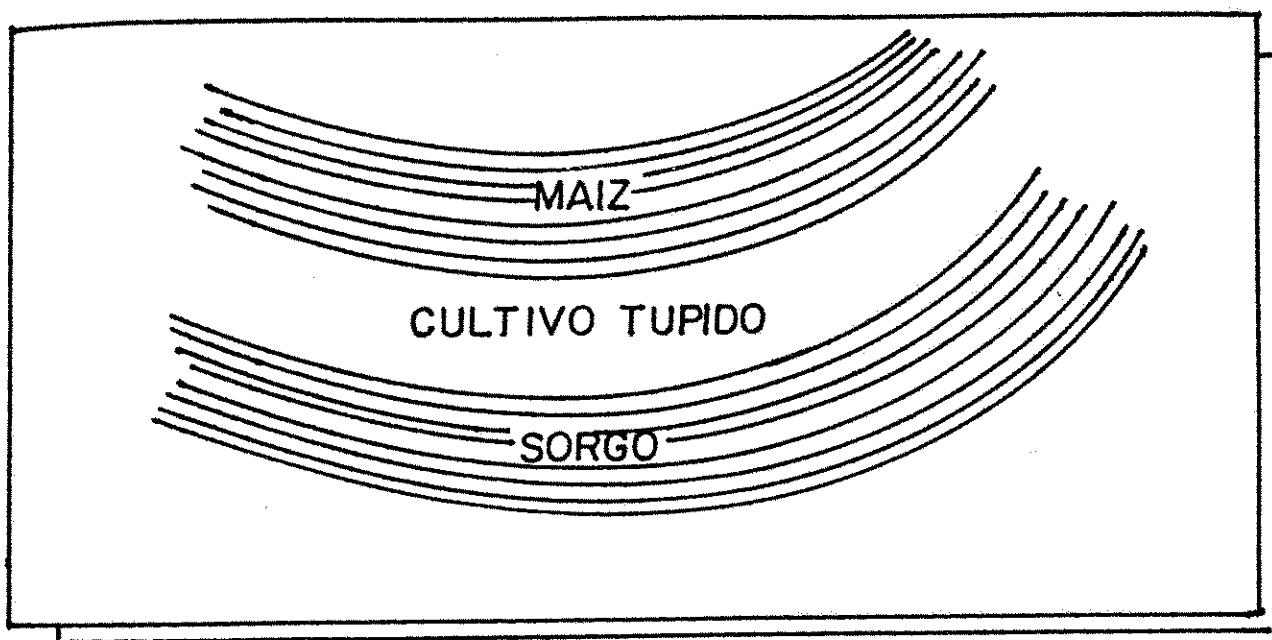
Esta práctica vegetativa nos ofrece los siguientes beneficios:

- . Protege los terrenos de la erosión, debido a que las fajas donde se desarrollan los cultivos tupidos disminuye el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo y se aumenta la oportunidad de infiltración del agua y se reducen los volúmenes de escurrimiento con lo cual se disminuye la erosión en esa faja y se atenúa el efecto que el escurrimiento produce en las fajas con cultivos limpios (escarda)
- . Evita hasta en un 60% la erosión en terrenos de pendiente moderada y cuando se combinan con algún tipo de terrazas puede reducirse hasta en un 90%
- . Permite aprovechar eficientemente los terrenos de las Clases II, III y IV, donde la pendiente puede llegar hasta un 15%
- . Mantiene y aumenta la fertilidad de los terrenos

Suministra buena cubierta vegetal a una proporción substancial de los terrenos de la finca

Asegura la presencia permanente de bandas de cultivo que obran como barreras vivas

En el siguiente esquema se muestran dos Fajas con Cultivo de Escarda y en la parte central una faja con Cultivo Tupido



#### 6.8.4.- DESVENTAJAS

- Los agricultores se resisten a veces a ejecutar esta práctica cuando desean establecer más cultivos limpios ya que tienen que dedicar el 50% del terreno a fajas con cultivos denso
- Los productores ponen obstáculos a este sistema de cultivo cuando en un terreno cultivado en fajas va apacentar ganado todo el año, ya que en este caso tendrán que cercar cada faja



**6.8.5.- TIPOS DE FAJAS**

La adopción de un *tipo específico de cultivo en fajas* obedece a *diferentes condiciones de topografía, grado de degradación del suelo y a los principales agentes de la erosión.*

Según el Boletín del Agricultor, número 1981, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, existen *cuatro clases generales de cultivo en fajas*, estos son:

**6.8.5.1.- CULTIVO EN FAJAS AL CONTORNO Y EN ROTACION**

Se recomiendan *utilizarlos en terrenos de pendiente uniforme dentro de un rango de 2 a 15%, donde el agua es el principal agente de la erosión;* es el sistema más utilizado y que ofrece las mayores ventajas.

En este sistema los diferentes cultivos (*escarda y tupido*) *se disponen en fajas o bandas, siguiendo las curvas de nivel, que forman ángulo recto con la pendiente del terreno y en sentido perpendicular a la dirección de la pendiente natural del terreno.*

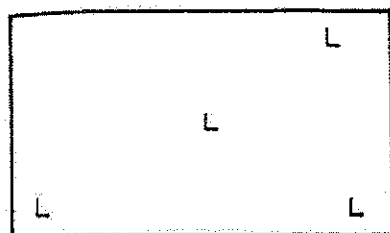
Las cosechas se cultivan en estas fajas siguiendo una *secuencia definida de rotación, aunque no es necesario que todos los cultivos de la rotación estén en el mismo año en un mismo campo.*

**6.8.5.2.- CULTIVO EN FAJAS DE CONTENCION O AMORTIGUADORAS**

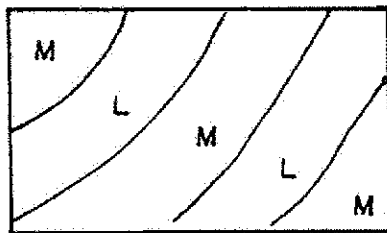
Este sistema es similar al descrito anteriormente con la diferencia de que se recomienda *utilizarlo en terrenos con pendiente irregular.*

Las fajas de contención *son de cultivo denso (generalmente pastos, Leguminosas o una mezcla de estos) que se localizan entre fajas de ancho uniforme donde se desarrollan cultivos limpios; el ancho de estas es irregular por ajustarse a las curvas a nivel del terreno y son más o menos permanentes y hacen posible que el resto del campo se siembre con una sola clase de cultivo.*

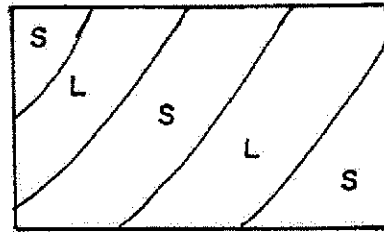
En el siguiente gráfico se muestra la distribución de un cultivo en fajas al contorno y en rotación de cuatro años



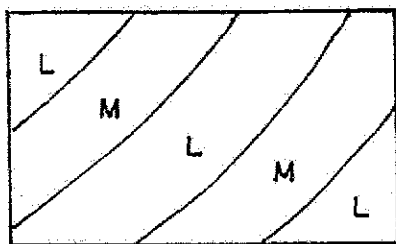
Antes de iniciarse la Rotación



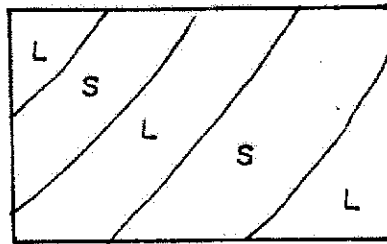
Primer Año



Segundo Año



Tercer Año



Cuarto Año

Clave:

L : Leguminosa

M : Maíz

S : Sorgo

#### 6.8.5.3.- CULTIVO EN FAJAS POR FRACCIONES

Se recomienda utilizarlo en terrenos con pendientes poco uniformes donde el relieve es muy ondulado.

Este sistema de cultivo en fajas, se establece en forma transversal a la pendiente principal del terreno, su ancho es uniforme y no siempre su trazo se ajusta a las curvas a nivel.

Las fajas por fracciones como su nombre lo indica, no son continuas, sino que se adaptan a porciones específicas del terreno en base a la variación del relieve.

#### 6.8.5.4.- CULTIVO EN FAJAS DE CONTRAVIENTO

Se recomienda esta forma de cultivo en fajas en áreas planas donde el viento es el principal agente de la erosión.

En este sistema las fajas se trazan en forma recta, perpendicular a la dirección de los vientos dominantes; son de ancho uniforme. De esta forma los cultivos constituyen una barrera viva que tiende a elevar la corriente de aire y evitar así la acción abrasiva sobre el suelo.

En el caso de que se presenten en un terreno problemas de erosión hídrica y eólica en forma conjunta, se recomienda que las fajas sigan las curvas a nivel para evitar la erosión del suelo por acción del agua y de ser posible, trazarse perpendicularmente a la dirección de los vientos.

#### 6.8.6.- FAJAS AUXILIARES

Las fajas auxiliares se utilizan como un complemento a los sistemas tradicionales de fajas antes descritos, ayudan a lograr un uso eficiente de la maquinaria, tanto en la preparación del terreno como en las labores de cultivo y cosecha.

Las fajas auxiliares que pueden trazarse siempre y cuando el terreno lo permita son las siguientes:

##### 6.8.6.1.- FAJAS DE VOLTEO

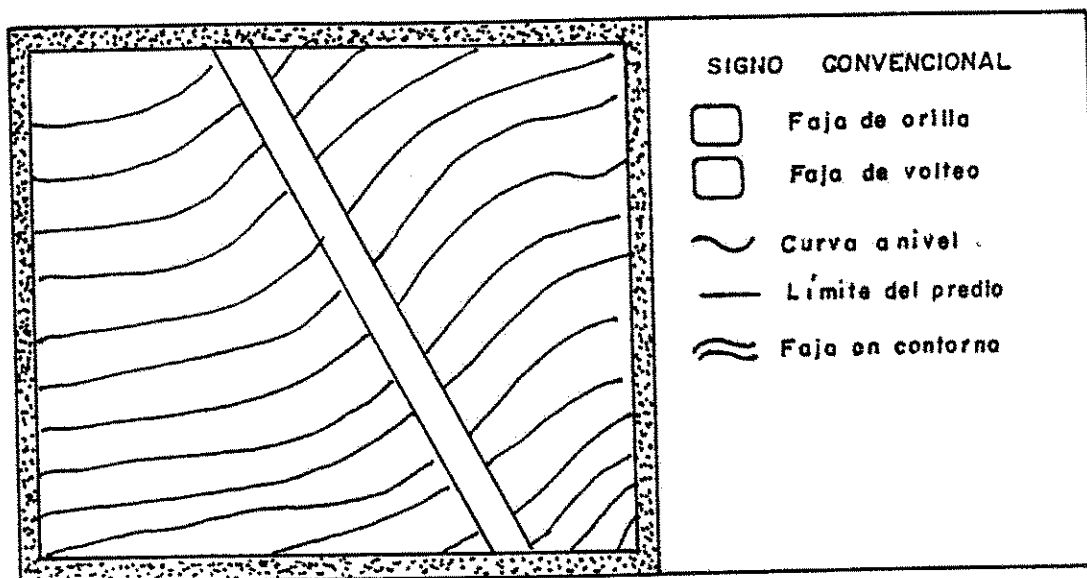
Este tipo de fajas tienen la finalidad de facilitar a la maquinaria dar vuelta; se recomienda sembrar o permitir el desarrollo de pastos naturales en ellas para proteger esas áreas de la erosión.

##### 6.8.6.2.- FAJAS MARGINALES O DE COMUNICACION

Este tipo de faja es complementaria de las fajas al volteo, por lo que tienen un ancho un poco mayor ya que su finalidad principal es permitir la circulación y estacionamiento de aperos, maquinaria y camiones cerca del campo; estas pueden estar protegidas con pastos naturales.

El ancho y número de estas fajas depende del grado de mecanización, tipo de maquinaria, tipo de cultivo, extensión del lote por trabajar, facilidades de manejo, necesidades y gusto del agricultor entre otros factores.

En la siguiente figura se presenta un esquema de una posible disposición de las Fajas Auxiliares en un campo que cuenta con Cultivos en Fajas



#### 6.8.7.- ANCHO DE LAS FAJAS

Los factores de los cuales depende la anchura de las fajas son los siguientes: tipo de cultivo y su rotación, pendiente natural del terreno, características físicas del suelo, precipitación, velocidad y dirección de los vientos.

Estos factores influyen de la siguiente manera:

A medida que se incrementa la pendiente del terreno, el ancho de las fajas disminuye.

Cuando los suelos son de textura gruesa, alta permeabilidad y baja capacidad de retención de humedad, el ancho de las fajas aumenta y en el caso de suelos de textura fina, de permeabilidad reducida y alta capacidad de retención de humedad el ancho de las fajas disminuye.

A medida que se incrementa la intensidad de la lluvia y se incrementa la velocidad de los vientos dominantes, el ancho de las fajas disminuye.

En los siguientes cuadros se presentan diferentes anchuras de fajas en función de la pendiente media natural y de las características del drenaje interno de los suelos.

<i>Pendiente (%)</i>	<i>Ancho de las fajas (mts)</i>	
	<i>Suelos bien drenados</i>	<i>Suelos con drenaje mediano a malo</i>
0 - 7	60	45
7.5 - 12	45	30
12.5 - 15	30	22.5

<i>Pendiente (%)</i>	<i>Ancho de las fajas (mts)</i> <i>Suelos con mal drenaje</i>
0-4	30
5-9	22.5
10-15	15

De los cuadros anteriores podemos apreciar que el ancho de las fajas disminuye a medida que la pendiente del terreno se incrementa y decrece cuando el drenaje interno del suelo es deficiente o malo.

## 6.9.- ROTACION DE CULTIVOS

## 6.9.1.- GENERALIDADES

La rotación de cultivos es una *práctica muy antigua*, la cual constituye un *método sencillo*, que ayuda a controlar la erosión, *mantener la productividad de los terrenos*, *asegurar una diversificación de la producción en la finca* y *mejorar la cobertura del suelo con la integración de cultivos densos*.

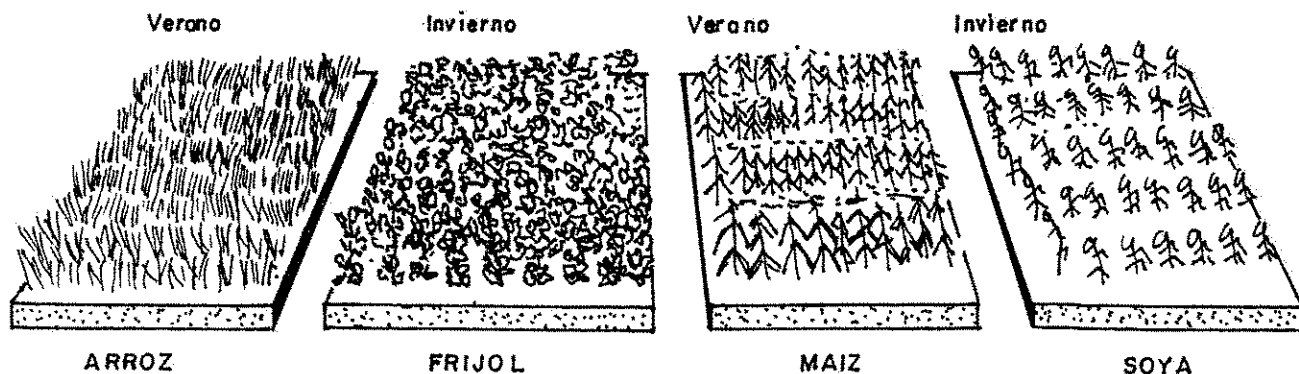
El efecto benéfico de la práctica depende de la selección que se haga de las plantas que van a rotarse y de la secuencia que se siga en su siembra.

Por lo tanto, es importante que el cultivo que sigue en la rotación no sea solamente diferente, sino también de otra familia, para que realmente haya prevención contra plagas y enfermedades.

Una *buena rotación* siempre debe *incluir leguminosas y praderas artificiales por un tiempo más o menos largo*, según la susceptibilidad del terreno a la erosión.

Este principio hace resaltar la importancia de *combinar en la finca la agricultura y la ganadería*, para lograr un buen equilibrio en el uso de los terrenos.

En el siguiente gráfico se muestra una Rotación de Cultivos



**6.9.2.- DEFINICION**

A continuación se presentan algunas definiciones del término Rotación de Cultivos:

- . Sucesión recurrente más o menos regular de diferentes cultivos en el mismo terreno
- . Sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos sobre una área de terreno determinada
- . Orden en que se siembran varios cultivos, uno tras otro, en el mismo terreno
- . Práctica básica de manejo de suelo que se refiere al establecimiento de una secuencia definida de cultivos que se repite ciclo tras ciclos sobre una misma parcela

**6.9.3.- VENTAJAS Y LIMITACIONES**

Una rotación bien planeada, nos brinda las siguientes *ventajas* en relación con un sistema simple de monocultivos:

- . Mejora o mantiene la fertilidad de los suelos
- . Previene la incidencia de plagas, malezas y enfermedades
- . Controla la erosión del suelo
- . Asegura un programa balanceado de trabajo en áreas de riego y en las de temporal mantiene cubierto el suelo
- . Previene o limita los períodos críticos de requerimientos de agua de riego
- . Conserva la humedad del suelo, de una estación a la próxima
- . Permite el mejoramiento de la productividad del suelo con el uso de leguminosas o de praderas temporales
- . Permite el uso racional del suelo, ya que no provoca desbalance de nutrientes del suelo debido a que se utilizan cultivos con diferentes exigencias nutricionales

Se aprovechan más los nutrientes del suelo, porque las raíces de unos cultivos son más largas que las de otros

Reduce las pérdidas de suelo y agua

El uso de cultivos con plantas de raíces profundas, permite mejorar la condición física del suelo y del subsuelo, facilitándose la circulación de agua y aire a través de los canales que se forman al descomponerse esas raíces y se asegura un medio más apropiado para el crecimiento del cultivo subsiguiente

Entre las *limitantes* que presenta esta práctica vegetativa de conservación de suelos podemos mencionar que la misma *requiere de un planeamiento cuidadoso del uso de la tierra sobre periodos de tiempo que cubren más de un año en general*, lo cual es a menudo difícil para el agricultor, ya que este se ve influenciado por escoger cultivos básicamente por los créditos disponibles y las opciones de comercialización a corto plazo.

#### 6.9.4.- UTILIZACION

La rotación de cultivos se recomienda para *terrenos de las Clases II, III y IV que presentan problemas de deficiencia de humedad, erosión, topografía, texturas gruesas o finas y permeabilidades bajas o altas*. Asimismo para *terrenos de Clase I que no presentan factores limitantes*. Sirve tanto para la siembra de cultivos básicos como para hortalizas.



En el siguiente cuadro se presentan las clases de terreno donde es recomendable la rotación de cultivos, de acuerdo a los factores limitantes y auxiliares.

CLASE DE TERRENO	FACTOR LIMITANTE
I	- - - - -
II, III, IV	Deficiencia de humedad
II, III, IV	Erosión
II, III, IV	Topografía
FACTORES AUXILIARES	
Para suelos que presentan texturas gruesas o finas y permeabilidades bajas o altas	

#### 6.9.5.- PRINCIPIOS AGRONOMICOS DE UNA ROTACION

Los principios agronómicos que rigen normalmente una rotación de cultivos se enumeran a continuación:

- . Alternar cultivos susceptibles a ciertas enfermedades con aquellos que son resistentes
- . Alternar cultivos agotadores del suelo con aquellos que contribuyen al mejoramiento de la fertilidad
- . Alternar cultivos con sistemas radiculares que se desarrollen a diferentes profundidades
- . Alternar cultivos con diferentes requerimientos críticos de labranza, agua, mano de obra, etc., adaptándolos a las disponibilidades de la zona
- . Sistematizar la explotación de la tierra, de acuerdo a los recursos y posibilidades de mercado de la zona, que permitan un incremento de los ingresos

**6.9.6.- REQUISITOS QUE DEBE LLENAR UN BUEN CICLO ROTACIONAL**

Entre los principales requisitos que debe reunir un buen ciclo de rotación de cultivos, podemos anotar los siguientes:

- . Incluir al menos una leguminosa en un año del ciclo rotacional
- . Si es posible, establecer praderas compuestas de gramíneas y leguminosas que puedan ser aprovechadas bajo pastoreo o mediante cortes, con la finalidad de establecer una vegetación que genere mejores condiciones de fertilidad
- . Procurar que el terreno permanezca la mayor parte del tiempo con vegetación, ya sea cultivada o espontánea
- . En la época de lluvia los terrenos necesitan estar protegidos con cultivos o con cualquier cubierta vegetal
- . La secuencia de cultivos limpios y densos debe estar acorde con la magnitud de la erosión actual en los suelos. Si se tienen terrenos más erosionados, se deben preferir los cultivos densos y las praderas

**6.9.7.- COMPOSICION Y DURACION DE UNA ROTACION**

La *composición* de una rotación de cultivos esta *constituida por el tipo de especie o clase de cultivos que formarán la misma* y la *duración* se refiere al *tiempo en que debe estar sembrado el terreno con la serie de cultivos que constituirán el ciclo rotacional.*

Los *factores* que se deben tomar en cuenta *para considerar los cultivos que se incluirán en una rotación de cultivos así como la duración en que se llevará el mismo* se enumeran a continuación:

- . Precipitación de la zona
- . Velocidad y frecuencia de los vientos
- . Facilidades de mercado y uso de los cultivos
- . Condiciones ecológicas
- . Grado de erosión de los suelos
- . Condiciones socio-económicas del agricultor

La rotación de cultivos debe siempre basarse en un plan a largo plazo, que resulta de los conocimientos adquiridos por los agricultores y los obtenidos en las estaciones experimentales. Este no debe ser muy rígido ni inflexible, ya que el mismo puede variar en el transcurso de los años, según el aporte brindado por los encargados de realizarlo o de acuerdo a las variaciones en las condiciones económicas. Nunca deben introducirse cambios que alteren los principios básicos agronómicos de una buena rotación

#### 6.9.8.- TIPOS DE ROTACION

De acuerdo con la sucesión de cultivos y con la distribución de éstos en el campo, la rotación de cultivos puede ser:

##### 6.9.8.1.- POR FRACCIONES

Consiste en dividir una área o terreno en lotes para sembrarlos con diferentes cultivos que forman el ciclo rotacional.

El criterio para dividir el terreno en campos, es en base a la capacidad de uso del suelo, por lo tanto los terrenos de Clase I deberán ubicarse de ser posible en un lote, los de II Clase en otro y así sucesivamente.

##### 6.9.8.2.- EN AREAS UNICAS

Este sistema consiste en sembrar un lote el primer año con cierto cultivo y en años subsecuentes con los cultivos que formarán el ciclo deseado o proyectado.

#### 6.9.10.- PASOS PARA REALIZAR UNA ROTACION DE CULTIVOS

Los pasos que se deben realizar para llevar a cabo una rotación de cultivos se enuncian a continuación:

- . Clasificar el terreno de acuerdo a su capacidad de uso y seleccionar la duración, composición y el tipo de rotación a utilizar
- . Los pastos y leguminosas deben permanecer más tiempo en los terrenos de Clase III y IV, mientras que los cultivos limpios (escardas) deben intensificarse preferentemente en los terrenos de Clase I

Una vez concluido el ciclo rotacional, se debe iniciar este con los mismos cultivos u otros de acuerdo a las necesidades del agricultor, pero se debe respetar en cualquier caso la secuencia entre cultivos limpios, densos y pastos o leguminosas

A continuación se presenta un ejemplo de un sistema de rotación de cultivos:

Se tiene una finca de 90 Ha. de terreno agrícola, donde 40 Ha. pertenecen a las Clases I y II, 30 Ha. a la Clase III y 20 Ha. a la Clase IV, tal y como se muestra en el esquema. El agricultor desea dedicar anualmente extensiones iguales a la producción de forraje, maíz y frijoles. Que rotación deberá utilizarse suponiendo que todos los terrenos producen cosechas rentables en los tres tipos de cultivos?

Terrenos de Clase I y II 40 Ha.	Terreno  Clase III
Terrenos de Clase IV 20 Ha.	30 Ha.

Para resolver el problema antes planteado es necesario realizar los siguientes pasos:

En los terrenos de Clases I y II se debe sembrar mayor proporción de maíz, en los de la clase III mayor proporción de frijol y en los de clase IV, mayor cantidad de forrajes

Las 40 Ha. de terreno de la Clase I y II se tienen que dividir en cuatro lotes, cada uno de 10 Ha. para establecer la rotación maíz-maíz-maíz-frijol. De tal forma que todos los años se tendrán 30 Ha. de maíz y 10 Ha. de frijol

Las 30 Ha. de terreno de Clase III se pueden dividir en lotes de 10 Ha. para aplicar la rotación frijol-frijol-forraje. Por lo tanto se tendrán todos los años 20 Ha. de frijol y 10 Ha. de forraje.

Las 20 Ha. de terreno de Clase IV, se deben dedicar por completo a la producción de forrajes

De acuerdo a esto, se tendrán en el primer año de la rotación una división de 9 lotes de 10 Ha. cada uno y en ese año se producirán 30 Ha. de maíz, 30 Ha. de frijol y 30 Ha. de forrajes

En el cuadro que se presenta a continuación se muestra la distribución y denominación de los lotes correspondientes al ciclo rotacional del ejemplo planteado anteriormente

Lotes	Area (Ha)	Cultivos 1er. año	Cultivos 2do. año	Cultivos 3er. año	Cultivos 4to. año	Clase de suelo
1	10	Maíz	Frijol	Maíz	Maíz	I y II
2	10	Maíz	Maíz	Frijol	Maíz	
3	10	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	
4	10	Frijol	Maíz	Maíz	Frijol	
5	10	Frijol	Forraje	Frijol	Frijol	III
6	10	Frijol	Frijol	Forraje	Frijol	
7	10	Forraje	Frijol	Frijol	Forraje	
8	10	Forraje	Forraje	Forraje	Forraje	IV
9	10	Forraje	Forraje	Forraje	Forraje	

6.10.- **ABONOS VERDES**6.10.1.- **GENERALIDADES**

Los abonos verdes están *constituidos por la masa verde de las plantas, la cual se entierra en el suelo, con el fin de enriquecerlo de sustancias nutritivas, principalmente de nitrógeno y de mejorar su régimen de agua, de aireación y de temperatura.*

Como abonos verdes *se utilizan* principalmente las *leguminosas*, las cuales, gracias a su simbiosis con las bacterias nodulares, asimilan el nitrógeno de la atmósfera (nitrificación) y enriquecen con él la tierra.

Las plantas utilizadas como abonos verdes se pueden desarrollar durante todo el período vegetativo, así como en calidad de barbecho y de cultivos intermedios.

Generalmente los abonos verdes *se incorporan en la etapa de floración*, momento en el cual el cultivo tiene la mayor cantidad de materia verde, la riqueza nutritiva de los tejidos es mayor, además durante esa etapa las plantas alcanzan su máximo desarrollo y tienen un alto contenido de agua, que facilita una rápida descomposición.

Un buen abono verde debe proporcionar de 20 a 50 ton/ha de biomasa con un contenido en materia seca de 10 a 15%, al incorporar este material al suelo los resultados que se esperan dependerán de las condiciones climáticas de la región y del grado de erosión que presente el suelo.

Solamente una parte del material verde que se incorpora llega a convertirse en humus, ya que bajo condiciones medias de clima, alrededor de la mitad del volumen incorporado se pierde en forma de bióxido de carbono.

El proceso de descomposición es más rápido en regiones tropicales, sin embargo la destrucción de la materia orgánica es más activa; por lo que los terrenos dedicados a la agricultura necesitan aplicaciones más intensivas de abonos verdes como fuente de nitrógeno y de materia orgánica.

Los abonos verdes se *recomiendan utilizarlos en todos los terrenos de cultivo, especialmente en los de Clase II, III y IV* ya que por estar dedicados a las actividades agrícolas, pueden presentar problemas de deficiencias de humedad, erosión, topografía, textura gruesa o finas y permeabilidad alta o baja; también se pueden implementar en los *terrenos Clase I*.

#### 6.10.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Abono Verde:

- . Plantas de rápido crecimiento que producen abundante follaje y cuyo destino es la incorporación para mejorar el suelo
- . Siembra de un cultivo hecha a propósito para incorporarse al terreno durante la época inicial de la floración
- . Cultivo de especies apropiadas, destinado a la incorporación al suelo como fuente de materia orgánica
- . Es la práctica de sembrar una determinada planta en un terreno, con la finalidad de incorporarla o enterrarla en el suelo durante la época propicia de su desarrollo vegetativo, generalmente al iniciarse la floración
- . Consiste en incorporar al suelo mediante una labor de cultivo un material o cultivo en desarrollo, generalmente una leguminosa con el fin de incorporar nitrógeno y mejorar la fertilidad y propiedades del suelo
- . Es un cultivo normalmente de leguminosa que al momento de su máximo desarrollo vegetativo se corta, se pica y se incorpora al suelo antes de la primera siembra, después del tratamiento de conservación de suelos o como parte de una rotación de cultivos

**6.10.3.- VENTAJAS**

La aplicación de los abonos verdes en los terrenos agrícolas se realiza con la finalidad de:

- . Agregar materia orgánica al suelo
- . Mantener y mejorar la fertilidad de los suelos
- . Reducir la erosión de los suelos
- . Aumentar la capacidad de retención de la humedad en el suelo
- . Reducir algunas veces la incidencia de nematodos en el suelo
- . Disminuir el uso de insumos químicos
- . Disminuir las labores de limpieza de malezas
- . Obtener una cosecha adicional según la variedad seleccionada
- . Utilizarlos para el control biológico de malezas
- . Fijar nitrógeno atmosférico
- . Aumentar la población de microorganismos e insectos benéficos hasta lograr un equilibrio, con ello se limita la aplicación de fungicidas e insecticidas en los cultivos
- . Reducir las pérdidas de nitrógeno por lixiviación gracias a la captación del nitrógeno durante la descomposición del material
- . Restituir al suelo fósforo y potasio que han sido absorbidos en parte en el subsuelo
- . Relativamente fácil de producir e incorporar al suelo



**6.10.4.- DESVENTAJAS**

Algunas limitaciones que presenta el uso de esta práctica se señalan a continuación:

- . Durante el primer año se puede tener una disminución de los rendimientos por competencia
- . Se requieren de labores adicionales de siembra y poda para su establecimiento
- . En pendientes mayores existe peligro de deslizamiento causado por la acumulación de humedad si no se combina con otras prácticas de conservación
- . Se requiere de semillas y capacitación para el manejo de las mismas
- . En cultivo asociado se necesita realizar podas para evitar competencia con el cultivo principal
- . El efecto benéfico se nota solamente hasta el segundo año
- . Es necesario la inoculación de la semilla con la cepa de *Rhizobium* adecuada cuando la leguminosa sembrada no tiene nodulación activa
- . El beneficio es a corto plazo; en condiciones tropicales la materia vegetal fresca es rápidamente reciclada
- . La mayor limitación es el costo de incorporación ya sea con maquinaria o a mano; lo cual en muchos casos es prohibitivo

**6.10.5.- CARACTERISTICAS QUE DEBEN POSEER LAS PLANTAS QUE SE UTILICEN COMO ABONO VERDE**

Son muchas las *especies* que pueden utilizarse como abono verde, pero su *selección dependerá de las condiciones climáticas de la organización de la finca, del valor de la semilla, de la facilidad para su establecimiento, etc.*

Por lo tanto, es necesario conocer las plantas que se pueden usar para este propósito, así como sus características para lograr los máximos beneficios.

Las *características deseables* que deben *poseer las plantas que se utilicen como abono verde*, se enumeran a continuación:

- Preferentemente que pueda enriquecer el suelo con nutrientes, como lo son las Leguminosas
- Incorporarse al suelo en condición suculenta, es decir verde
- Tener un desarrollo foliar vigoroso, con el fin de incorporar una mayor cantidad de materia verde al suelo. De forma general debe alcanzar un buen desarrollo al iniciarse la floración, para que pueda contribuir con suficiente materia orgánica por hectárea en los suelos que se tratan de beneficiar
- Ser de tamaño adecuado, para facilitar el uso de la maquinaria con que se cuente, de tal forma que el manejo e incorporación sea eficiente
- Cubrir adecuadamente la superficie del suelo
- Ser resistente a la sombra y a la sequía
- Ser poco susceptible al ataque de insectos y enfermedades

En nuestro país se han usado como abono verde las siguientes especies: *Canavalia* (*Canavalia ensiformis*), *Frijol Terciopelo* (*Mucuna pruriens*), (*Stilobium* spp), *Frijol Mungo*, *Frijol Caupí*, *Crotolaria*, *Gandúl*, *Madero Negro* (*Gliricidia sepium*), *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) entre otras.

#### 6.10.6.- *SISTEMAS DE CULTIVO DE ABONOS VERDES*

Existen varios sistemas para la siembra y el cultivo de abonos verdes; pero debido a la variabilidad de las condiciones agroecológicas y a las limitaciones del agricultor, es preciso escoger un sistema que complemente o suplemente, pero que de ninguna manera desplace el sistema actual.

A continuación se describen brevemente algunos de *estos* sistemas:

#### 6.10.6.1.- ABONO VERDE ASOCIADO (Intercalado)

En este sistema *se realiza la siembra del cultivo de abono verde aproximadamente un mes después de la siembra del cultivo comercial o al momento de la primera limpieza o aporque, el cual se establece en medio de las hileras del cultivo principal.*

Es importante cuando se desee establecer este sistema que *el cultivo principal este bien establecido, para evitar que el cultivo de abono verde domine la plantación, especialmente si es una variedad que trepa vigorosamente.*

#### 6.10.6.2.- ABONO VERDE EN BARBECHO

El *barbecho* es una práctica de manejo que *consiste en dejar el terreno sin cultivar durante cierto período de tiempo antes de volver a sembrar otro cultivo.*

El *objetivo principal* del barbecho es el de *mantener y restaurar la fertilidad de los suelos a través de la acumulación de materia orgánica y el mejoramiento de la estructura.*

Este sistema *se realiza en tierras que están saliendo de producción y entrando en un ciclo de descanso, lo que permitirá una recuperación o rehabilitación más rápida de la tierra explotada.*

La *siembra del cultivo de abono verde se realiza en el primer ciclo después de retirar la parcela de la producción, o sea al final del ciclo del cultivo principal y de esta forma se acelera la recuperación de la fertilidad del suelo y se puede reducir el tiempo necesario en barbecho.*

**6.10.6.3.- ABONO VERDE DE HOJAS DE ARBOLES**

Aparte de las leguminosas de ciclo corto, también hay árboles que pertenecen a la misma familia y que constituyen una fuente muy importante para obtener abono verde, tal es el caso de el *Madero Negro* y la *Leucaena* entre otros.

Las hojas de estos árboles son ricas en proteínas y son buenas para hacer abono orgánico o aplicarse directamente como abono verde.

Las hojas se pueden incorporar en los surcos de la labranza mínima, para lo cual es necesario abrir un surco donde se colocan las hojas y luego se cubren con tierra.

Hay que esperar unos 12 días para poder revolver las hojas descompuestas con tierra y realizar la siembra del cultivo comercial.

**6.10.6.4.- CULTIVO DE ABONO VERDE EN LA EPOCA SECA**

En este sistema el cultivo comercial se establece en la época de las últimas lluvias del año, lo que permite que este se desarrolle durante la época seca y el cultivo de abono verde se establece durante la última parte del ciclo vegetativo del cultivo principal (al aporcar) o después de la cosecha.

**6.10.6.5.- ABONO VERDE ENTRE CULTIVOS**

En este sistema el abono verde se incorpora entre dos ciclos de cultivo comercial, lo cual permite un mejor laboreo del suelo.

En síntesis podemos decir que el efecto benéfico de los abonos verdes no se restringe únicamente al período de cultivo siguiente a su incorporación, sino que pueden prolongarse por dos o más años.

Según la creencia generalizada, los abonos verdes constituyen una práctica que lesiona la economía del agricultor, sin embargo, es conveniente aclarar que si este material vegetativo es seleccionado y manejado adecuadamente, permitirá conservar y mejorar el recurso suelo e incrementar su productividad.

## 6.11.- ABONOS ORGANICOS

## 6.11.1.- GENERALIDADES

La degradación del suelo, a consecuencia de la *erosión* afecta la fertilidad del suelo y en última instancia la producción de los mismos.

Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la *erosión*, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad para sostener una agricultura productiva.

La *erosión* ocasiona graves *pérdidas de fertilidad*, sobre todo en la *capa arable*, ya que ésta contiene gran parte de los elementos nutritivos, fácilmente asimilables por las plantas.

Casi todo el nitrógeno y el azufre del suelo y parte de su fósforo asimilable se hallan en la materia orgánica de la *capa superficial* del terreno; por lo tanto la restitución al suelo de materia orgánica que contenga estos tres importantes elementos nutritivos constituye el problema capital de la rehabilitación de los suelos erosionados.

El suelo arrastrado por la *erosión* contiene generalmente *más* calcio, magnesio y potasio que la *capa arable* de que procede.

Por lo tanto, la *erosión* es un proceso que actúa de manera selectiva, arrastrando las partículas más finas y más reactivas del suelo (arcilla y materia orgánica) y dejando las partículas más gruesas, pesadas y menos reactivas; provocando una disminución de la concentración de nutrientes en el suelo.

Un *abono orgánico* es cualquier material de origen orgánico mezclado con tierra y que ha pasado por un período de fermentación y descomposición, que se añade al suelo para mejorar su fertilidad y suplir los nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos.

Los abonos orgánicos han sido utilizados desde la antigüedad y hasta que surgieron los fertilizantes minerales, fueron la única forma de aumentar la fertilidad de los suelos.

La utilización combinada de fertilizantes minerales y abonos orgánicos resulta beneficiosa para la producción agropecuaria; ya que los fertilizantes químicos contienen un número específico de nutrientes según la mezcla o formulación y en cantidades mucho mayores que los abonos orgánicos.

El abono orgánico se aprovecha mejor si se usa en la labranza mínima; para ello hay que hacer un pequeño surco en el cual se echa el abono y después se cubre con tierra y finalmente se revuelve todo; generalmente se utilizan de una a dos paladas por cada metro de labranza mínima.

Cada vez hay más conciencia de que la agricultura tiene que ser productiva, pero no a costa de dañar el medio ambiente; la agricultura debe proteger los recursos naturales.

El uso de fertilizantes y pesticidas químicos dañan el medio ambiente, generan dependencia y son peligrosos para la salud del hombre, y son costosos.

Por lo tanto, es necesario desarrollar alternativas orgánicas que sean efectivas, sencillas, sanas y económicas y ponerlas a disposición de los productores para que estos puedan aumentar sus índices de productividad y conservar adecuadamente sus tierras.

#### **6.11.2.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Entre las *ventajas* que nos proporcionan los abonos orgánicos podemos citar las siguientes:

- . Mejoran la fertilidad y la aireación interna del suelo
- . Facilitan la infiltración y la retención del agua en el suelo
- . Es barato y puede ser producido por los agricultores
- . Disminuyen el efecto perjudicial de la acidez del suelo en el crecimiento de las plantas y en la actividad de los microorganismos

- . Resultan eficaces en suelos arenosos pobres en humus y nutrientes
- Mejoran el suministro de gas carbónico a las plantas.

A continuación se enumeran algunas *desventajas* que *presentan* los abonos orgánicos:

- . Los estiércoles pueden causar la proliferación de *insectos* transmisores de enfermedades y contaminación ambiental
- . Los abonos orgánicos (aboneras) requieren considerable *mano* de obra y tiempo para su producción, recolección y transporte debido a los grandes volúmenes que se manejan
- . Los estiércoles al ser expuestos al sol, pierden *gran parte* de su nitrógeno por volatilización así como lixiviación *de* nutrientes

#### 6.11.3.- TIPOS DE ABONOS ORGANICOS

Los abonos orgánicos pueden ser de origen *animal y vegetal*; a continuación se haremos un breve comentario acerca de los *más* utilizados por nuestros agricultores:

##### 6.11.3.1.- ABONOS ORGANICOS DE ORIGEN ANIMAL

##### 6.11.3.1.1.- ESTIERCOL

La capacidad del estiércol animal como abono orgánico *para* incrementar el crecimiento de las plantas es conocida desde *hace* mucho tiempo por los agricultores.

El estiércol animal puede ser: *vacuno, aviar, caballar, caprino, porcino*, etc.; de estos el *estiércol vacuno y aviar son los que gozan de mayor aceptación por parte de los agricultores.*

El *principal problema que presentan es su recolección; pero* existen varios sistemas de producción pecuaria (establos, corrales, etc.) que facilitan la recolección del mismo.

La composición y el contenido de nutrientes presentes en el estiércol animal varía mucho según la clase de animal y el sistema de cuidado de éstos, de la cantidad y calidad de los alimentos del lecho, de la edad del material y el método usado en su conservación.

Los mejores materiales para el lecho lo constituyen la paja de plantas de gramíneas y la turba (material compuesto por restos vegetales, debidamente humificados en un medio anaeróbico debido a excesos de humedad, que posee un color pardo a oscuro).

Para establecer el lecho se recomienda cortar la paja en trozos de 8 - 10 centímetros de longitud, ya que de esta manera se absorbe mejor la orina de los animales y el estiércol en ella es más fácil de apilar y se pierde menos nitrógeno y materia orgánica durante su conservación.

En el siguiente cuadro se presenta la composición química de tres tipos de estiércol (Según Donahue, 1977)

CONSTITUYENTE	TIPO DE ESTIERCOL		
	VACUNO (%)	AVIAR (%)	PORCINO (%)
Nitrógeno (N)	2 - 3	5 - 8	3 - 5
Fósforo (P)	0.2 - 1.0	1 - 2	0.5 - 1.0
Potasio (K)	1 - 3	1 - 2	1.0 - 2.0
Magnesio (Mg)	1.0 - 1.5	2 - 3	0.08
Sodio (Na)	1 - 3	1 - 2	0.05
Total de Sales Solubles	6 - 15	2 - 5	1 - 2



## 6.11.3.1.1.1. ESTIERCOL VACUNO

El estiércol vacuno esta formado por la *mezcla de deyecciones sólidas y líquidas con la cama de los animales que ha sufrido un proceso más o menos avanzado de fermentación.*

En este tipo de estiércol se puede recuperar el 75% del nitrógeno, el 80% del fósforo, el 90% del potasio y el 50% de la materia orgánica que pasa por el animal.

Pero debido a pérdidas por volatilización y lixiviación *sólo de 33 - 50% del contenido total de nutrientes del estiércol se dispone para asimilación en la producción vegetal.*

El estiércol vacuno es *menos rico que la gallinaza, pero está disponible en la mayoría de las explotaciones ganaderas; las pérdidas de nutrientes son mayores debido a la dificultad de su manejo.*

Generalmente el ganado anda libre en las áreas de *pastizales* en la finca, dejando el estiércol disperso sobre el terreno. Durante el lapso de tiempo que pasa en el campo esta sujeto al secado por la acción del sol y al lavado por parte de la lluvia.

Por lo que cuando se recolecta, éste ha perdido la *mayoría* de los nutrientes y se ha convertido en un condicionador *orgánico* del suelo con alto contenido de celulosa y bajo contenido de nutrientes.

Este tipo de abono orgánico se puede *aplicar directamente a los cultivos, aunque rara vez se hace, por la dificultad de su recolección; por lo que se generalmente se utiliza en la abonera para formar abono orgánico.*

## 6.11.3.1.1.2.- GALLINAZA

También denominado *estiércol aviar* es un excelente abono orgánico que *se utiliza comúnmente en zonas hortícolas, este es más rico en nutrientes que otros estiércoles, en promedio contiene el doble del valor nutritivo del estiércol vacuno.*

En la gallinaza una parte del nitrógeno esta disponible inmediatamente a la planta como urea, mientras que el resto se libera lentamente; lo cual hace que este se puede utilizar en la mayoría de los cultivos agrícolas.

El valor nutritivo de este tipo de estiércol varía según la edad de las aves, su dieta y el material utilizado en las camas; por lo general se utiliza como material de cama el aserrín o colochos de madera; el cual se aplica a los pisos de los gallineros para absorber parte de la fracción líquida y mantener más saludable el ambiente y además captura mayor cantidad de urea.

Al igual que el estiércol vacuno, la gallinaza esta sujeta a los procesos de volatilización y lixiviación; por lo que el manejo del material una vez que salga de los gallineros es muy importante, por ello se recomienda cubrir el estiércol y guardarlo así hasta el momento de su incorporación para evitar la pérdida de nutrientes.

Este tipo de abono orgánico se puede aplicar directamente al cultivo como fertilizante o se puede utilizar en la producción de abono orgánico en aboneras.

Generalmente se aplica directamente al cultivo, incorporándolo a la labranza o en banda una vez establecido el mismo.

La aplicación al suelo se debe hacer antes de realizar la siembra del cultivo, para evitar daños a la semilla por el calor que resulta de la rápida descomposición del material; al efectuar las aplicaciones subsiguientes hay que tener cuidado de incorporar la gallinaza y evitar la volatilización y el posible criadero de moscas.

La cantidad a aplicar varía según la calidad del material y el cultivo a fertilizar; se recomienda aplicar de 60 - 80 sacos (60 libras/saco) por manzana para cultivos intensivos como las hortalizas.

## 6.11.3.2.1.- ABONOS ORGANICOS DE ORIGEN VEGETAL

Entre los abonos orgánicos de origen vegetal figuran : la Cachaza, la Pulpa de Café, la Turba, el Compost, los Abonos Verdes.

## 6.11.3.2.1.1.- COMPOST

El Compost o Composte, también llamado *Estiércol Artificial* es el producto de las mezclas de todos los desechos vegetales y animales en pilas bien ordenadas y almacenadas, con el objetivo de que sufran descomposición microbiana mediante fermentación, convirtiéndose en un tiempo prudencial en humus o mantillo, en dependencia del grado de descomposición.

El compost es la descomposición y transformación química-biológica planificada de las sustancias orgánicas y restos de vegetales con el fin de producir humus; es por tanto, un procedimiento para reciclar materiales de origen orgánico, por medio de un tratamiento cualitativo que los devuelve al ciclo natural del nutriente.

Entre los *beneficios* más importantes que nos proporciona el uso de compost, podemos mencionar los siguientes:

- . Material con alto contenido de nutrientes
- . Mejora la estructura del suelo
- . Estimula la vida del suelo (mejora la capacidad de retención de agua, favorece la formación de agregados o terrones, mayor capacidad de infiltración de agua, protección contra la erosión, favorece la penetración de las raíces)
- . Favorece la resistencia natural de las plantas a sus enemigos
- . Es un abono proveniente de recursos renovables y de fabricación sencilla

**6.11.4.- PRODUCCION DE ABONO ORGANICO**

La producción de abono orgánico *se realiza para generar materia orgánica descompuesta que servirá como acondicionador del suelo y abono orgánico para los cultivos.*

La *Abonera* consiste en la acumulación de materiales orgánicos (por ejemplo: basura casera, rastrojos y otros residuos de cultivos, malezas, estiércoles, ceniza) arregladas en capas intercaladas con capas de suelo; en la cual se acelera la descomposición de la materia orgánica por la acción microbiana.

La aplicación de materia orgánica al suelo a través de aboneras, es una manera económica y de gran ventaja para cultivos de hortaliza en áreas pequeñas.

Como materia prima para hacer una abonera, se puede utilizar cualquier material, del cual disponga en abundancia el agricultor en su finca (por ejemplo: pasto verde, pulpa de café, residuos de caña de azúcar, rastrojos de maíz, cáscara de naranjas, etc.); el cual se mezcla con estiércol de gallina o ganado y ceniza o cal para evitar el exceso de acidez; además debe tener tierra y humedad para asegurar la existencia de microorganismos que favorezcan su descomposición.

Debido a que los abonos orgánicos no son muy ricos en nutrientes y en general son especialmente bajos en fósforo, se recomienda la *adición de superfosfato triple al abono*, ya sea al *momento de construir la abonera* (y en este caso puede acortar el tiempo de producción del abono) o *incorporarlo en el campo*.

**6.11.4.1.- TIPOS DE ABONERA**

Existen dos tipos comunes de abonera que se pueden construir a nivel de finca; estas son:

**6.11.4.1.1.- ABONERA AEREA**

También se le denomina *Abonera de Pila o Montón*; esta se *construye sobre la superficie del suelo en forma de pirámide o de horno o con paredes de madera en forma cúbica.*

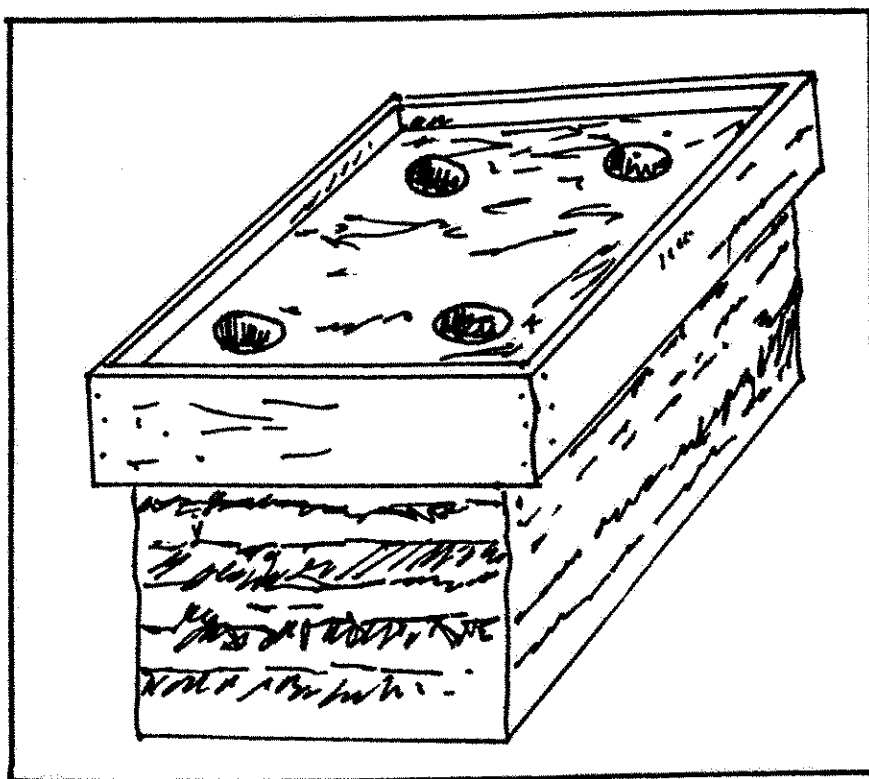
Este tipo de abonera es conveniente utilizarla durante la estación lluviosa, porque evita la acumulación de agua; para ello se recomienda protegerla de la lluvia con plástico.

#### 6.11.4.1.2.- ABONERA SUBTERRANEA

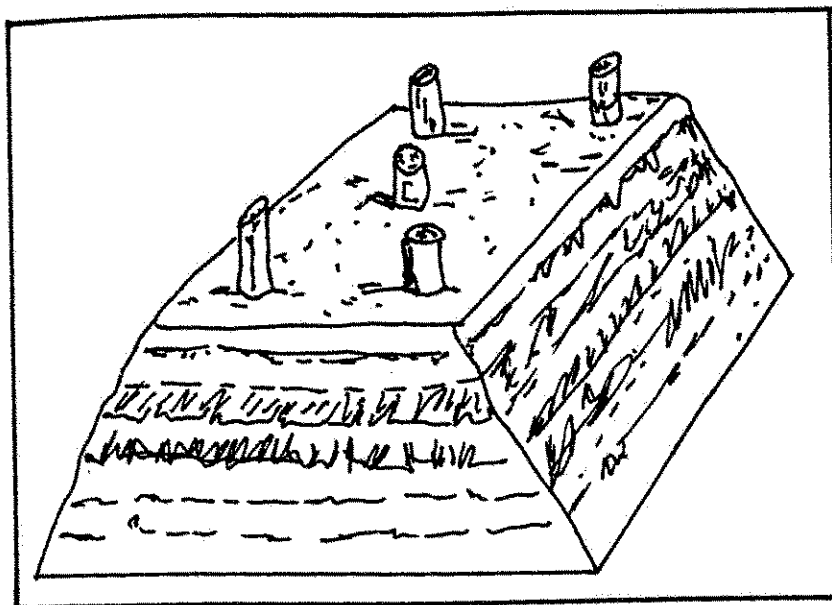
También se le llama Abonera de Fosa o Trinchera, esta se construye excavando un agujero en el suelo; este tipo de abonera se recomienda establecerla en la época seca puesto que se conserva mejor la humedad ya que esta aislada de la acción del viento.

En las siguientes figuras se muestran los principales tipos de abonera que se pueden establecer en una finca

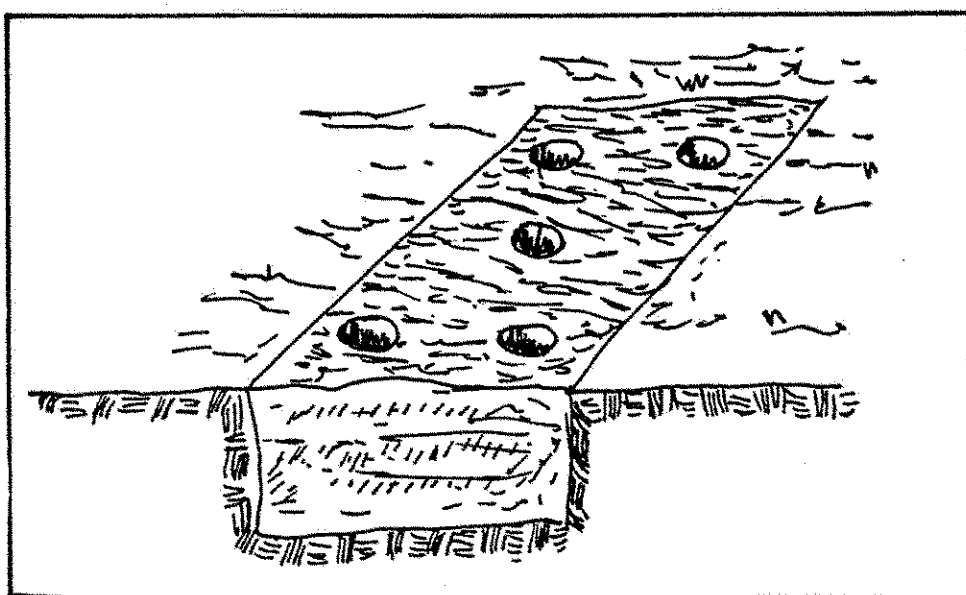
#### ABONERA AEREA (Marco)



ABONERA AEREA  
(Horno)



ABONERA SUBTERRANEA

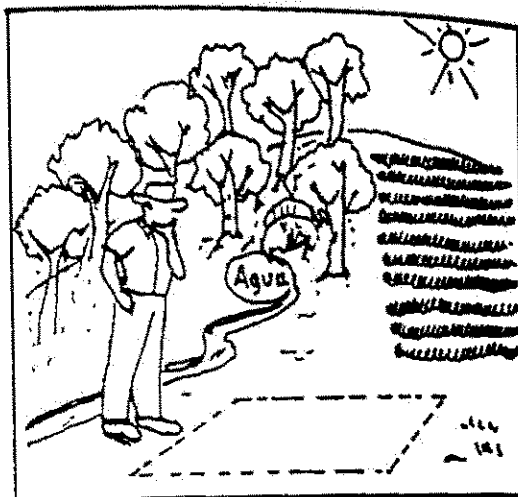


## 6.11.4.2.- CONSTRUCCION DE UNA ABONERA

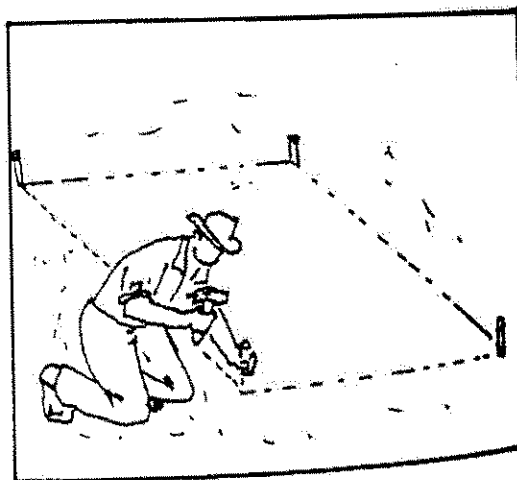
A continuación se explican los pasos que se deben realizar para construir una abonera en una finca:

*Ubicación de la Abonera*

Se debe escoger un sitio apropiado para establecer la abonera, se recomienda que este cerca de una fuente de agua y cerca del campo donde se va aplicar el compost, protegida del viento, que se ubique a la par de un camino y cerca de las fuentes de los materiales

*Demarcación de la Abonera*

Consiste en definir bien los límites de la abonera, para ello se pueden utilizar estacas y una cuerda. Si es una abonera de trinchera se excavará una fosa de 0.75 - 1 mt. de profundidad; si es aérea y se construirá con un marco de madera; es necesario armar un marco de  $\pm 1.5$  mt cuadrados. Las dimensiones que tendrá la abonera dependerán de los materiales disponibles para su construcción. Las dimensiones de una abonera grande son de 6 x 1.5 (mt de largo x mt de ancho) y en el caso de una abonera pequeña 2 x 1.5 mt.



### Preparación de los materiales

Los materiales de los cuales se construirá la abonera (estiércol, residuos vegetales, cal o ceniza, tierra) tienen que ser trasladados al lado del lugar donde esta se va a construir.

Los residuos de los cultivos se deben cortar en pedazos pequeños y el estiércol tiene que ser aporreado; mientras más desmenuzados estén estos materiales, más rápido será la descomposición.

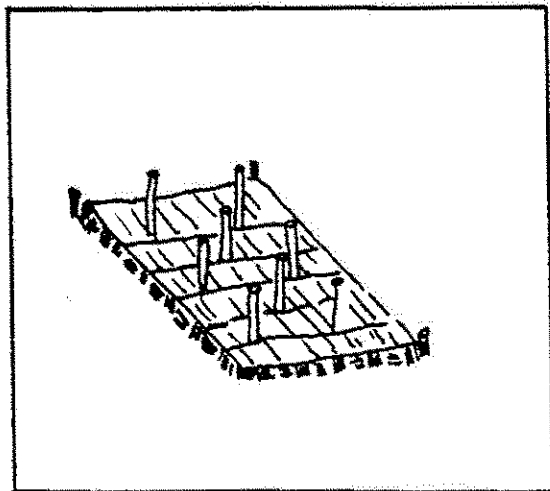


### Preparación de la Base de la Abonera

Se debe colocar primero una capa de material vegetal grueso (ramas), sobre un espesor de + 15 cm dentro de los límites del cuadro, la que servirá de colchón y permitirá la aereación por debajo y evacuará el exceso de humedad.

Después se deben colocar palos que servirán de respiraderos.

La distancia entre palos será de 0.6 mt o menos y del palo al borde de la abonera 0.4 mt





### Colocación de los materiales

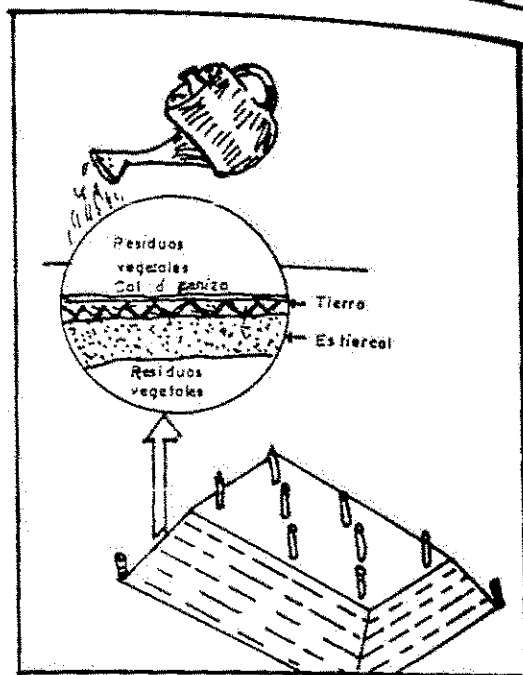
Primero se coloca una capa de 15 cms. de residuos vegetales verdes y secos mezclados y luego se riega uniformemente con agua hasta que este bien húmedo pero no demasiado mojado.

Después se pone una capa de estiércol de 5 cm, una capa de tierra de 1 cm. y un poco de cal o ceniza y se riega nuevamente para humedecer; esto constituirá la capa inicial.

Se continúa con la misma sucesión y los mismos cuidados, estrechando cada vez más para hacer una pirámide.

Si se esta trabajando con un marco de madera, hay que subirlo después de agregar cada capa.

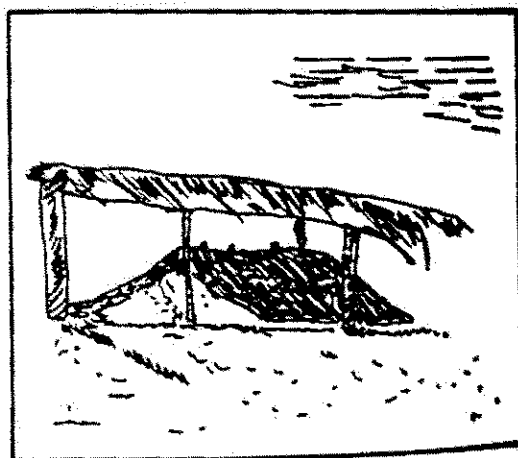
Se recomienda no aplastar el montón y nunca pararse encima de él; la altura recomendada de las pilas es de 1.2 mt



### Cobertura de la Abonera

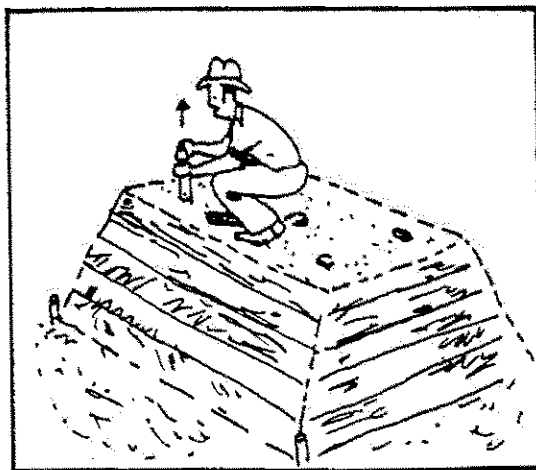
Para terminar la abonera, esta se debe tapar con una capa de tierra y cubrirla con una capa de paja, plástico o hacer una pequeña ramada.

Es importante proteger la abonera contra el resecamiento por el sol y la lluvia excesiva



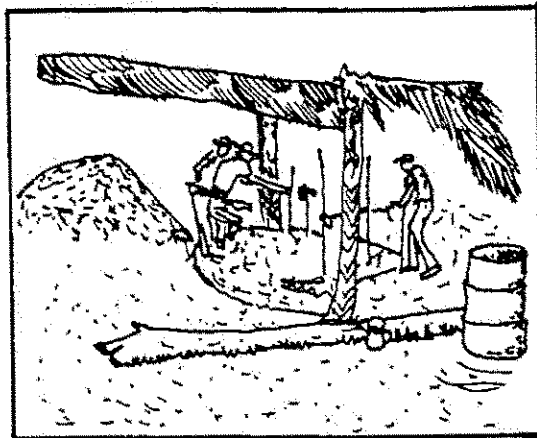
### *Cuidados de la Abonera*

A los 3 - 5 días el abono se calienta mucho y empieza a asentarse reduciendo su volumen por lo que se deben quitar los respiraderos, para ello hay que efectuar un movimiento circular con el fin de dejar huecos de 10 cm. de diámetro, que le permitirán al agricultor averiguar si el interior de la abonera está caliente y húmeda. Así se deja la abonera unos 25 - 30 días y se revisa de vez en cuando para asegurarse que se mantiene húmeda; para lo cual se puede introducir una mano en uno de los respiraderos; en el caso de sentirse seco, se debe agregar un poco de agua dentro de los mismos.



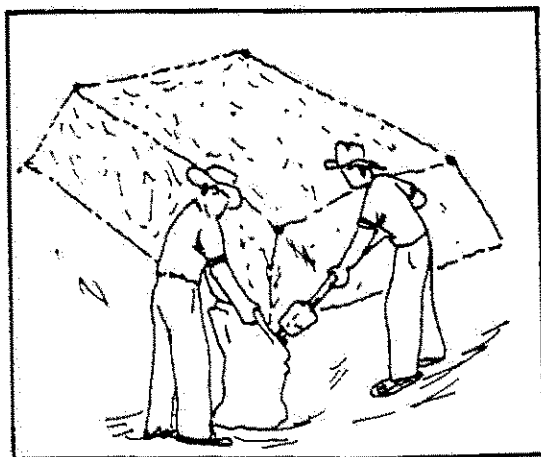
### *Volteo de la Abonera*

Al alcanzar los 25 - 30 días se debe voltear la abonera para proveer aire a la masa y mezclar bien los diferentes materiales entre sí, se añade agua si es necesario. El volteo se hace en capas uniformes, hasta que la abonera quede reconstruida por completo; es importante ubicar los palos que forman los respiraderos y la cubierta. Así se le deja nuevamente para otros 25 - 30 días, hasta hacer el volteo otra vez.



### *Obtención del Abono Orgánico*

A los 80 - 90 días la abonera se convierte en abono orgánico, lo que se reconoce porque la pila de materiales se reduce más o menos a la mitad de su volumen original y el material es de color negro y esponjoso. El agricultor lo puede usar directamente en los cultivos o guardarlo en sacos bajo techo hasta el momento de su utilización.



En conclusión podemos decir que la fertilización es un factor fundamental en la conservación de suelos y agua, ya que manteniendo en un suelo una fertilidad considerable se establecerán automáticamente muchas condiciones que ayudarán a reducir el escurrimiento y la erosión. Además los suelos fértiles son altamente productivos.

Por lo que, el empleo de abonos orgánicos cuando ello sea necesario, deberá recibir una atención primordial al trazar un Programa de Conservación de Suelos y Agua.

## 6.12.- AGROFORESTERIA

### 6.12.1.- GENERALIDADES

Los sistemas agroforestales utilizan técnicas de manejo de la tierra, que implican la combinación de árboles forestales con cultivos o con ganadería, o una combinación de ambos. Son estrategias de producción diseñadas para promover una dieta más variada, nuevas fuentes de ingresos, estabilidad de la producción, minimización de riesgo, reducción de la incidencia de insectos y enfermedades, uso eficiente de la mano de obra, intensificación de la producción con recursos limitados, retornos máximos con bajos niveles de tecnología.

La presencia de la vegetación forestal, muchas veces en varices estratos, tiene efectos muy benéficos al reducir el riesgo de erosión. Las hojas, flores, frutas y ramas de los árboles caen al suelo donde se descomponen, formando una capa de hojarasca con todas las ventajas que esto conlleva.

La mayoría de los sistemas agroforestales solo requieren medidas de conservación de suelos muy sencillas, en particular en la fase de establecimiento del sistema.

Las técnicas de manejo conservacionista comúnmente utilizadas en los sistemas agroforestales son: siembra en contorno, cultivos intercalados durante la fase inicial de la plantación, cobertura muerta con residuos de poda, cultivo de cobertura o manejo adecuado de la cubierta natural, barreras vivas y de residuos acordonados, uso de abonera y estiércol a la siembra (trasplante), uso racional de fertilizantes, enmiendas y conservación de la humedad del suelo.

El reconocimiento del valor de combinar árboles con cultivos y ganado como medio de conservar el suelo, incrementar los usos múltiples de la tierra, rehabilitar lugares degradados y diversificar para reducir el riesgo; han nacido de una combinación del reconocimiento otorgado a la experiencia tradicional y a la investigación científica.

Las prácticas agroforestales han sido aplicadas tradicionalmente por los agricultores, siendo las más comunes los cercos vivos, cafetales con sobra, huertos caseros, árboles en potreros y pastoreo en bosque natural.

Sin embargo, la práctica de sembrar cultivos anuales y pastos en suelos relativamente degradados ha hecho difícil que los agricultores obtengan beneficios económicos satisfactorios, mejoren la fertilidad del suelo y eleven su nivel de vida. Esto se ha debido al mal uso del suelo y a la carencia de un manejo adecuado de las prácticas agrícolas, debido a la falta de capacitación y experiencia en el manejo forestal.

La importancia de los sistemas agroforestales radica en su habilidad para mejorar y mantener la estabilidad de los sistemas agrícolas y/o pecuarios utilizando bajos niveles de insumos, protegiendo los suelos de la degradación y favoreciendo la productividad de los mismos, permitiendo así la recuperación de áreas degradadas y/o con usos inadecuados.

Las actividades agroforestales constituyen la solución más natural al problema de la leña, forraje, alimentos, degradación del suelo y conservación de agua en zonas rurales, así mismo dan soluciones a los problemas socioeconómicos debido a los altos niveles de pobreza existentes ya que permiten el mantenimiento de una producción estable. Además estos sistemas son sumamente ventajosos en zonas accidentadas y/o con suelos degradados donde favorecen el manejo sostenido del suelo y del agua, así como la diversificación de la producción.

En síntesis podemos afirmar que los sistemas agroforestales además de los beneficios socio-económicos ofrecen una alternativa agrícola o pecuaria proporcionando un apoyo considerable a los programas de conservación de suelos y reforestación.

## 6.12.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Agroforestería:

- . Forma de cultivo múltiple donde existen un mínimo de dos especies de plantas que interactúan biológicamente y al menos una sea leñosa permanente y la otra manejada con fines agrícolas incluyendo pastos
- . Sistema viable de manejo de tierras y cultivos que busca incrementar la producción de forma continua al combinar la producción de cultivos estacionales y/o animales, simultánea o secuencialmente, en la misma unidad de tierra y la aplicación de prácticas de manejo que sean compatibles con las prácticas culturales de la población local (International Council for Research in Agroforestry, 1982)
- . Sistema de producción que combina el cultivo de árboles y arbustos con los cultivos agrícolas y/o la ganadería
- . Cultivo de árboles en combinación con cultivos agrícolas y/o el pastoreo de animales al mismo tiempo en el mismo terreno, con el fin de aumentar el rendimiento del terreno y al mismo tiempo restablecer un sistema de producción estable y conservacionista

En la Agroforestería existe una interacción entre los tipos de cultivo y el componente arbóreo, considerándose que la introducción de un componente forestal a otro sistema aumentará la estabilidad y sostenibilidad aunque no necesariamente su productividad.

### 6.12.3.- BENEFICIOS Y APLICACIONES DE LA AGROFORESTERIA

Los beneficios que la agroforesteria nos brinda los podemos agrupar de la siguiente manera:

#### 6.12.3.1.- A NIVEL DE FINCA

Podemos *obtener productos para:*

Autoconsumo y mercadeo

Alimento humano: frutas, nueces, hojas, sustitutos de granos básicos, aceites comestibles, miel, bebidas, otros productos comestibles (por ejemplo bebidas alcohólicas)

Alimento de animales por ejemplo forraje

Madera, Fibra y Energía, tales como leña, carbón, alcoholes, aceites, látex, resina, postes, tablillas de palmas, troncos, ramas etc

Otros productos para usos medicinales, aceites esenciales, colorantes, taninos, gomas, látex, ceras, alcohol, otros químicos como por ejemplo pesticidas)

Para *mejoramiento de la Finca*

Usos en Conservación de suelos

Mejoramiento de la fertilidad del suelo

Mejoramiento de aspectos hidrológicos por la protección de fuentes de agua y cauces, extracción profunda de agua suelo, incorporación de materia orgánica lo que mejora la capacidad de retención de agua y penetrabilidad, mantenimiento de la capacidad de infiltración y poca compactación, intercepción de la precipitación por el follaje, mayor humedad ambiental

Mejoramiento de microclima, por ejemplo las cortinas rompevientos proveen sombra para humanos, ganado, otros animales y plantas

- . División territorial debido a la función que ejercen las barreras (cercas vivas), separación entre fincas, lotes, cultivos
- . Biodiversidad, dado que los sistemas agroforestales constituyen un nicho para animales y plantas a nivel de finca (como iguanas, plantas medicinales y ornamentales)

#### 6.12.3.2.- A NIVEL REGIONAL

El establecimiento de especies perennes, que mantienen follaje verde y transpiran durante la estación seca, pueden producir efectos positivos a nivel de escala, percibibles en proporción al grado de cobertura espacial. Estos efectos se dan principalmente en:

- . *Clima*: disminución del calor sensible por conversión de la energía solar a calor latente de vaporización, aumento de la humedad ambiental por transpiración y menor temperatura, efectos en el albedo y captura de CO<sub>2</sub> (que tienen relevancia a nivel de calentamiento planetario)
- . *Ciclo Hidrológico*: protección de cauces, mayor estabilidad en flujos de agua superficial y sub-superficial por la mantención de tasas de infiltración, menor presencia de suelo (sedimentos) en cauces de agua y embalses, mayor flujo del agua en la estación seca por el mantenimiento de nacientes y otros cauces
- . *Biodiversidad*: mejor ambiente para preservación de la biodiversidad animal y vegetal
- . *Diversificación Económica*: obtención de mayor cantidad de productos de manera sostenible, lo que fomentará no solo aspectos de mercadeo sino también de procesamiento y manufactura
- . *Estabilidad Social*: habrán aumentos sostenibles y más estables a nivel de rendimientos, lo cual contribuirá a fomentar el equilibrio social a nivel local y nacional

**6.12.3.3.- OTROS**

A continuación se enumeran *otros beneficios y aplicaciones* que tiene la *agroforestería*:

*Percepción de estabilidad económica:* en la medida que los árboles crecen y van acercándose a dar los beneficios esperados, así aumentará la confianza del productor y su percepción de estabilidad

*Valores estéticos y culturales:* adorno de la propiedad, usos sociales, estatus

*Facilidad de manejo por parte de las mujeres:* sobre todo en función de huertos caseros y frutales

**6.12.4.- VENTAJAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES**

Al combinar la agricultura y la producción de cultivos arbóreos o forestales se pueden mejorar las funciones y objetivos de la producción de árboles y cultivos alimenticios.

Existen una serie de ventajas que estos sistemas integrados nos brindan con respecto a la agricultura y/o sistemas forestales de monocultivo.

Estas ventajas las podemos agrupar de la siguiente manera:

**6.12.4.1.- VENTAJAS ECOLOGICAS**

Con la implementación de sistemas agroforestales se logra un *uso más eficiente de los recursos naturales*; ya que los distintos estratos de la vegetación proporcionan una eficiente utilización de la radiación solar, los diversos tipos de sistemas radicales a varias profundidades hacen buen uso del suelo y las plantas de ciclo corto pueden aprovechar la capa superior del suelo, enriquecida como resultado del ciclo mineral a través de las copas de los árboles.

Al tener un uso tridimensional del espacio, se incrementará la capacidad de crecimiento y al incluir animales en el sistema se puede utilizar la producción primaria sin uso para obtener producción secundaria y reciclar nutrientes.



Algunos sistemas agroforestales recién establecidos pueden requerir costos de inversión substanciales para comenzar a implementarse (por ejemplo, material de plantío, conservación del suelo, fertilizantes); por lo que se requerirá de crédito. En muchos sistemas agroforestales pueden pasar varios años antes de obtener las primeras producciones. En algunos casos, se necesita respaldo financiero durante este periodo de espera.

El tamaño del campo puede afectar el tipo de ingreso. En áreas con alta presión poblacional y suelos pobres las propiedades son demasiado pequeñas para considerarlas como unidades productivas viables. En este caso es necesario emprender un tipo de esfuerzo cooperativo.

La disponibilidad de semillas y/o plántulas es una variable fundamental que se debe tener presente al implementar proyectos agroforestales.

El manejo ganadero puede algunas veces entrar en conflicto con la agroforestería, especialmente en áreas donde hay abundancia de ganado vacuno o caprino.

Las plagas también pueden amenazar los proyectos agroforestales, tanto en relación a los árboles como a los cultivos.

En áreas con propiedad comunitaria de la tierra, puede ser difícil desarrollar sistemas agroforestales. Los derechos de propiedad son una consideración fundamental en la agroforestería, ya que pueden ser un factor limitante.

La tenencia de árboles también puede ser una limitación. En muchos casos la tierra en la cual los árboles pueden plantarse y protegerse no pertenecen a aquellos que los plantaron. Estas personas entonces pueden no tener títulos legales para cortar los árboles o cosechar el producto de éstos.

Hay que considerar factores que podrían limitar la participación de las personas y afectar su motivación. Además de la tenencia de la tierra y árboles se incluyen otras líneas socio-políticas del gobierno, así como algunas costumbres tradicionales.

Es necesario que la población local tenga participación y se tome en cuenta el conocimiento agrario tradicional en la planificación y diseño de un sistema agroforestal; dado que la agroforestería es una forma compleja de uso de la tierra y requiere de un adecuado conocimiento agrícola.

En el siguiente cuadro se presentan a manera de síntesis algunas de las ventajas y desventajas que presentan los Sistemas Agroforestales

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversificación de productos: alimentos, leña, madera, forraje y abono verde</li> <li>• Mejoramiento de las condiciones del suelo a través de la incorporación de nutrientes (materia orgánica y nitrógeno) permitiendo la recuperación de áreas degradadas</li> <li>• Mantenimiento de una producción sostenida con bajo nivel de insumos</li> <li>• Influencia positiva sobre el clima y retención de agua</li> <li>• Disminución de la incidencia de malezas, plagas y enfermedades</li> <li>• Propician condiciones favorables para el desarrollo de la fauna silvestre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de áreas de cultivos en la finca por la introducción de los árboles</li> <li>• Competencia por agua, luz y nutrientes con el cultivo dependiendo del clima, suelo, especies y manejo</li> <li>• Obstaculización de la operación de la labranza y cosecha por los árboles</li> <li>• Requerimiento de personal experimentado para ser manejado correctamente</li> </ul>

Entre estos sistemas figuran los siguientes:

- . Cercos Vivos
- . Cortinas Rompevientos
- . Arboles en Potreros
- . Banco de Forraje arbóreo
- . Pastoreo en plantaciones
- . Pastoreo en Bosque Natural

#### 6.12.6.1.3.- SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES

Este sistema consiste en la *integración de árboles a los cultivos agrícolas y pastizales*. Frecuentemente todos los *sistemas agrosilvícolas y silvopastoriles se pueden convertir en sistemas agrosilvopastoriles siempre y cuando se introduzca ganado o cultivos respectivamente*.

Un *ejemplo clásico de este sistema son cercos vivos en comunidades rurales donde se encuentran combinaciones de pastoreo-ganado-cultivo agrícola y el cerco vivo*.

#### 6.12.6.1.4.- SISTEMAS DE PRODUCCION FORESTAL MULTIPROPOSITO

En estos sistemas *las especies forestales se regeneran y manejan para que desarrollen la capacidad de producir no sólo madera, sino también hojas y/o frutas que queden disponibles para alimento y/o forraje*.

#### 6.12.6.2.- DE ACUERDO A SU FUNCION

La *base funcional para clasificar los sistemas agroforestales se refiere a la producción principal y al papel que desempeñen los árboles especialmente los leñosos*.

Según este criterio los sistemas agroforestales pueden ser:

##### 6.12.6.2.1.- PRODUCTIVOS

Quando el *objetivo que se persigue con su implementación es el de producción para satisfacer necesidades básicas, tales como alimento, forraje, leña y otros*.

### 6.12.6.- CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Hay varias formas de clasificar y agrupar los sistemas agroforestales; las más comunes son las siguientes:

#### 6.12.6.1.- DE ACUERDO A SU ESTRUCTURA (Composición y Disposición de componentes)

Según este criterio los sistemas agroforestales pueden agruparse de la siguiente manera:

##### 6.12.6.1.1.- SISTEMAS AGROSILVICOLAS

Son sistemas en los que se asocian cultivos agrícolas y árboles simultáneamente o en secuencia en una misma unidad de tierra.

Entre estos sistemas agroforestales figuran los siguiente

- . Cercos Vivos
- . Cortinas Rompevientos
- . Árboles de sombra para cultivos
- . Cultivos en Callejones
- . Huertos Caseros
- . Agricultura Migratoria
- . Sistema Taungya
- . Barreras Vivas

##### 6.12.6.1.2.- SISTEMAS SILVOPASTORILES

Estos sistemas son asociaciones de pastos con árboles y arbustos en manejo integrado cuyas funciones principales son producción y protección.

La producción se refiere a la obtención de madera, leña, forraje, alimentos, postes para delimitación de fincas, etc., y la protección representa el mejoramiento del suelo y el pasto; sombra para el ganado.

Entre estos sistemas figuran los siguientes:

- . Cercos Vivos
- . Cortinas Rompevientos
- . Arboles en Potreros
- . Banco de Forraje arbóreo
- . Pastoreo en plantaciones
- . Pastoreo en Bosque Natural

#### **6.12.6.1.3.- SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES**

Este sistema consiste en la *integración de árboles a los cultivos agrícolas y pastizales*. Frecuentemente *todos los sistemas agrosilvícolas y silvopastoriles se pueden convertir en sistemas agrosilvopastoriles siempre y cuando se introduzca ganado o cultivos respectivamente*.

Un ejemplo clásico de este sistema son *cercos vivos en comunidades rurales donde se encuentran combinaciones de pastoreo-ganado-cultivo agrícola y el cerco vivo*.

#### **6.12.6.1.4.- SISTEMAS DE PRODUCCION FORESTAL MULTIPROPOSITO**

En estos sistemas *las especies forestales se regeneran y manejan para que desarrollen la capacidad de producir no sólo madera, sino también hojas y/o frutas que queden disponibles para alimento y/o forraje*.

#### **6.12.6.2.- DE ACUERDO A SU FUNCION**

La base funcional para clasificar los sistemas agroforestales se refiere a la producción principal y al papel que desempeñen los árboles especialmente los leñosos.

Según este criterio los sistemas agroforestales pueden ser:

##### **6.12.6.2.1.- PRODUCTIVOS**

Cuando el *objetivo que se persigue con su implementación es el de producción para satisfacer necesidades básicas, tales como alimento, forraje, leña y otros*.

## 6.12.6.2.2.- PROTECTORES

En el caso que se establezcan para que desempeñen roles protectores, tales como conservación de suelos, mejoramiento de la fertilidad del suelo, protección ofrecida por las cortinas rompevientos, cinturones protectores y otros.

## 6.12.6.3.- DESDE EL PUNTO DE VISTA ECOLOGICO O CLIMATICO

Desde el punto de vista ecológico, los sistemas agroforestales pueden agruparse para cualquier zona agro-ecológica o climática definida, tales como las tierras bajas tropicales húmedas, trópicos áridos o semiáridos, tierras tropicales altas. También pueden estar basados en zonas climáticas definidas por patrones de precipitación u otros agrupamientos que sirvan para tal propósito.

## 6.12.6.4.- DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIOECONOMICO Y NIVEL DE MANEJO

La escala socioeconómica de producción y el nivel de manejo del sistema agroforestal puede usarse como criterio para clasificar estos sistemas en categorías tales como: *Comerciales, Intermedios o de Subsistencia.*

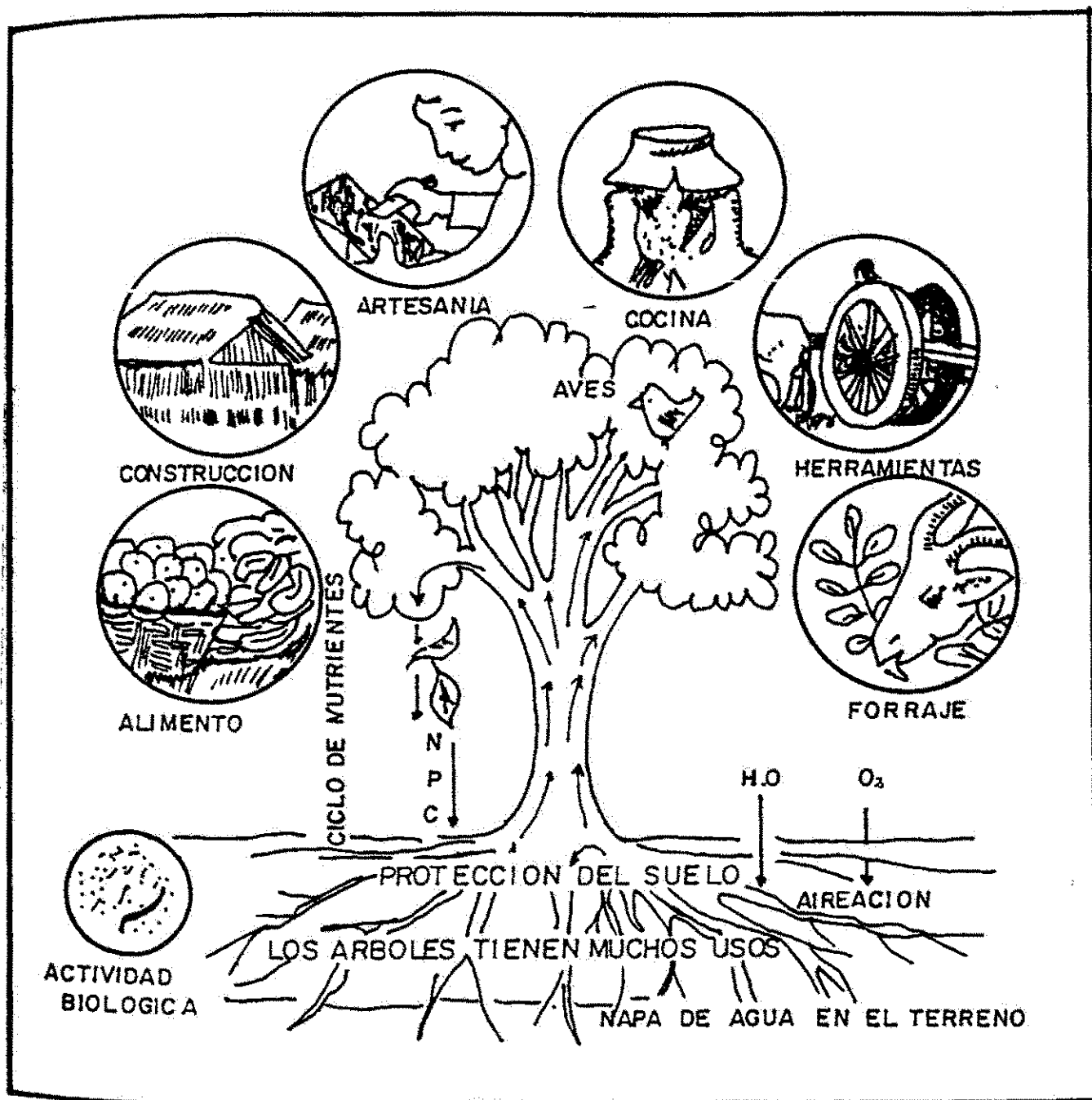
Cada una de estas formas de analizar los sistemas agroforestales es útil y aplicable a situaciones específicas, pero existen limitaciones para ellas, de modo que ningún agrupamiento por sí sólo es universalmente aplicable; por lo tanto la clasificación depende del propósito para el cual se establezca el sistema agroforestal.

## 6.12.7.- ROL Y EFECTO DE LOS ARBOLES

El manejo del componente arbóreo puede afectar, directa o indirectamente, los otros componentes del ecosistema, por ejemplo, la conservación del suelo, el reciclaje de nutrientes, el ciclo hidrológico, así como los bio-componentes (otros cultivos, malezas, poblaciones de insectos, microorganismos). A través del manejo de los árboles, estos otros componentes se pueden controlar en alguna medida.

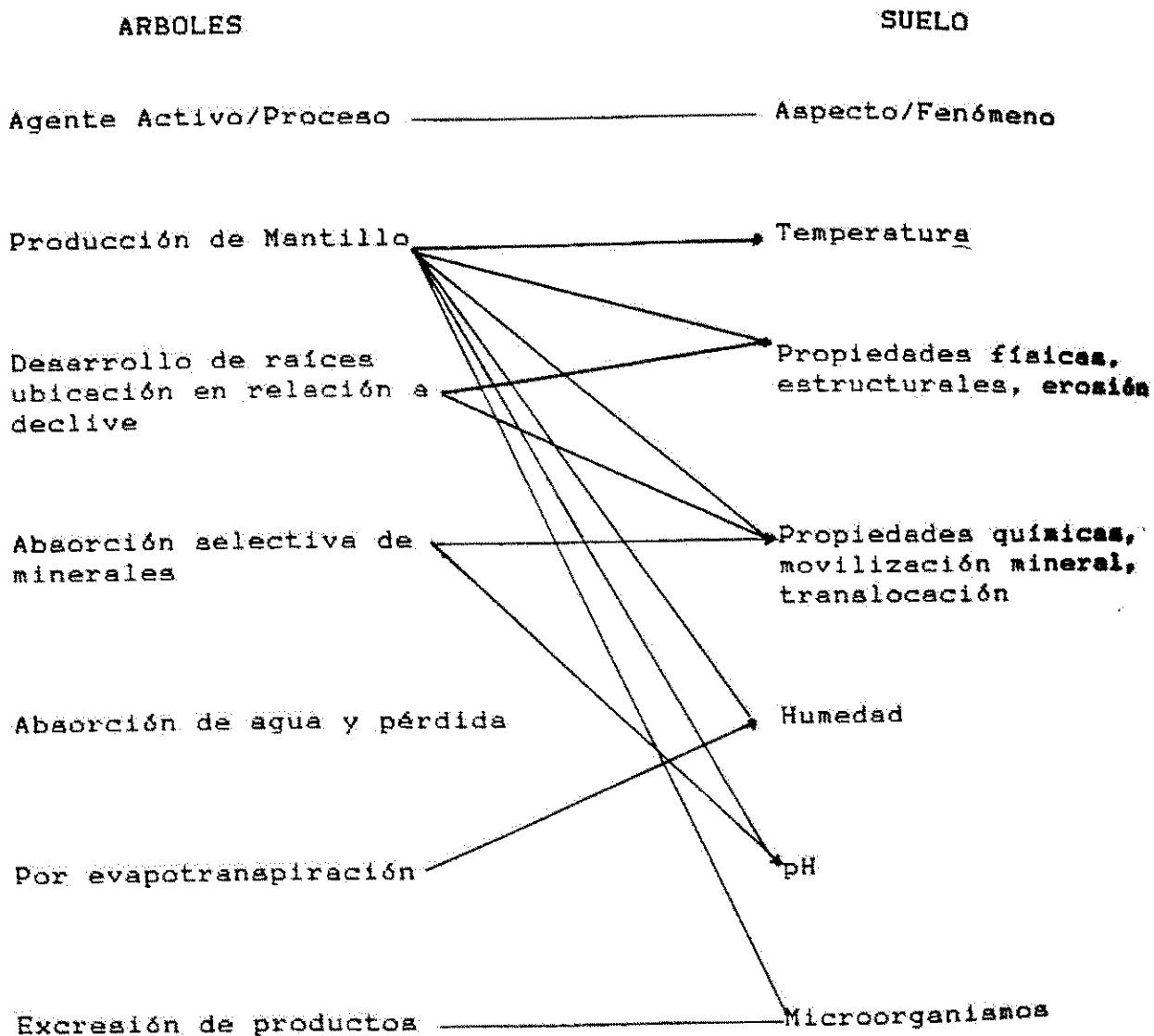
El rol ecológico más importante de los árboles es su efecto sobre la conservación del suelo.

La siguiente figura nos muestra los múltiples usos que tienen los árboles (Tomado de CLADES, 1993)



El siguiente esquema nos muestra el efecto que tienen los árboles en la conservación del suelo (Tomado de CLADES, 1993)

INTERACCIÓN PAREADA





En el siguiente cuadro se resumen las interacciones entre la agroforestería, el manejo de la tierra y la conservación del suelo.

Factores que afectan el sostenimiento en la productividad	AGROFORESTERIA	MANEJO DE FINCA/CAMPO		CONSERVACION DE SUELO
		FINCA	CAMPO	
Retención de humedad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cultivo en callejones y plantaciones en línea y árboles dispersos para dar:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. Materia Orgánica</li> <li>. Sombra para reducir temperatura Superficial</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de compost</li> <li>- Cultivos de coberturas</li> <li>- Residuos de cosechas en campos</li> <li>- Abono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pastoreo controlado</li> <li>- Pastoreo rotacional</li> <li>- Administración por fuego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporar materia orgánica al suelo</li> <li>- Preparar micro-desagües esclusas en contorno u otras micro-mejoras</li> </ul>
Fertilidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ciclo de nutrientes y fijación de nitrógeno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotación de cultivos (incluyendo hortalizas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de estiércol animal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Franjas de vegetación en contorno</li> </ul>
Control de la Erosión Hidrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de deslizamiento superficial por medio de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. Plantación de árboles, arbustos a través de características físicas de conservación</li> <li>. Árboles a lo largo de canales y cursos de agua</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantación en contorno</li> <li>- Mantención de capa de cultivo del suelo</li> <li>- Mantener máxima cobertura de plantas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotación de campo</li> <li>- Reservas de pastoreo</li> <li>- Reducir pastoreo junto con rehabilitación o protección de vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zanjas, Canales</li> <li>- Bancales o Terrazas</li> <li>- Controlar vías de agua y zanjas</li> <li>- Protección de bancos de corrientes</li> </ul>
Control de la Erosión Eólica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción del viento a través de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. Árboles dispersos</li> <li>. Límites arbóreos</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener máxima cobertura de plantas</li> <li>- Franjas de vegetación que se dejan cuando se limpia tierra nueva</li> <li>- Cultivo mínimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poda controlada para forraje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortinas rompevientos</li> <li>- Espalizadas, otro tratamiento físico en casos extremos</li> <li>- Estabilización de dunas</li> </ul>
Control de acceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cercos vivos</li> <li>- Alineación de senderos del ganado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Senderos del ganado que se dejan cuando se limpian campos</li> <li>- Límites arbóreos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manadas opuestas al libre paso de animales</li> <li>- Ganado en corrales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de plantaciones para conservar el suelo para reforzar líneas de cercas o senderos del ganado</li> </ul>

6.12.8.- *DESCRIPCION DE ALGUNOS SISTEMAS AGROFORESTALES*

A continuación analizaremos algunos sistemas agroforestales que sean implementado en nuestro país.

6.12.8.1.- *CERCOS VIVOS*6.12.8.1.1.- *GENERALIDADES*

Los Cercos Vivos constituyen una de las prácticas agroforestales más difundidas en Nicaragua y en América Central, ya que los agricultores han hecho uso de ellos con la finalidad de delimitar sus fincas y potreros con diversas especies. En algunos casos muy especiales también pueden ser utilizados como cortinas rompevientos. Son útiles en áreas con mediana y baja densidad de población y donde los animales vagan libremente en el área.

La utilización de este sistema como práctica agroforestal tiene como objetivo potencial diversificar la producción agrícola y/o pecuaria y el mejoramiento de las condiciones ambientales.

6.12.8.1.2.- *DEFINICION*

A continuación se presentan algunas definiciones del término Cercos Vivos:

- . Hilera de árboles para delimitar potreros o áreas de cultivo
- . Uso de árboles vivos en vez de postes en las cercas con alambre de púas que delimitan terrenos o propiedades

6.12.8.1.3.- *VENTAJAS*

Entre las ventajas que nos proporciona este sistema agroforestal cabe mencionar las siguientes:

- . Se utilizan en la demarcación de propiedades y protección de terrenos.
- . Los árboles vivos utilizados en los cercos tienen una vida útil mucho más larga que los postes sin vida.
- . Costo de los estacones vivos es menor que el de los postes

Los árboles contribuyen a reverdecer el ambiente y a mejorar el clima (por ejemplo: funcionan parcialmente como cortinas rompevientos, dan algo de sombra)

En laderas los cercos vivos funcionan parcialmente como barreras vivas

Los árboles de la cerca viva pueden y deben proporcionar una serie de beneficios productivos, entre los que se destaca el follaje de alta calidad para el ganado, leña para consumo en el hogar y en algunos casos, frutas

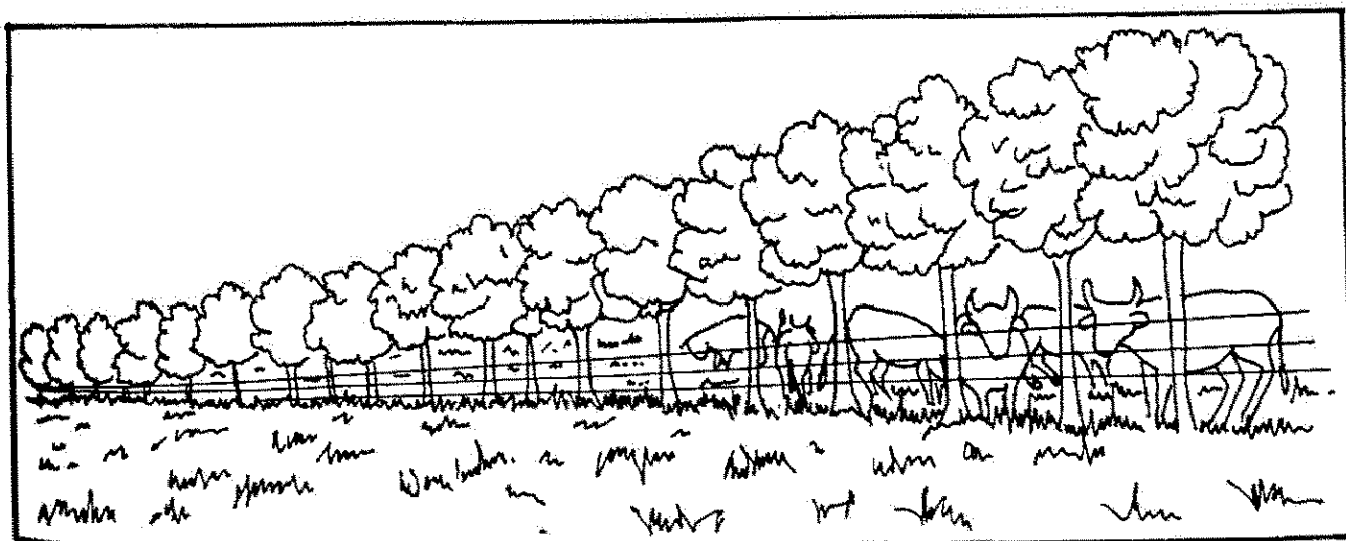
#### 6.12.8.1.4.- **DESVENTAJAS**

Este sistema agroforestal presenta las siguientes limitantes:

El bajo porcentaje de prendimiento de los estacones (que es el método por excelencia de establecimiento), hace que esta práctica agroforestal no se muy fácil de transferir

Se requiere de mano de obra para poder realizar la poda de la cerca

En la siguiente figura se presenta un ejemplo de una Cerca Viva



En el siguiente cuadro se resumen de forma sintetizada las principales ventajas y desventajas que presenta esta práctica agroforestal

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministran leña, madera y otros productos como forraje, abono verde, miel, frutos</li> <li>Proporcionan sombra</li> <li>Tienen un costo relativamente bajo</li> <li>Son de fácil establecimiento</li> <li>Embellecen la finca</li> <li>Presentan mayor durabilidad que los postes muertos, debido a que éstos deben cambiarse frecuentemente</li> <li>Crean un microclima favorable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pueden disminuir la producción de los cultivos adyacentes al cerco por efecto de sombra y competencia de nutrientes, cuando no son bien manejados</li> <li>Un manejo inadecuado por parte del agricultor puede disminuir la vida útil del cerco vivo</li> <li>El manejo inadecuado del alambre en el cerco podría ocasionar daños en el fuste de los árboles</li> </ul>

#### 6.12.8.1.5.- CARACTERISTICAS QUE DEBEN POSEER LAS ESPECIES QUE SE UTILICEN COMO CERCOS VIVOS

Las especies que se utilicen para cercas vivas deben poseer las siguientes características:

- Ser de crecimiento rápido
- Tener capacidad de rebrote
- Ser resistente a podas periódicas
- Ser de fácil establecimiento
- Tener facilidad de reproducción vegetativa
- Producir leña, madera, forraje, etc
- Ser resistentes a las grapas

En el siguiente cuadro se resumen los nombres de las especies más frecuentemente utilizadas en Nicaragua para establecer Cercos Vivos

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Madero Negro	<u>Gliricidia sepium</u>
Jiñocuabo	<u>Bursera simaruba</u>
Tiguilote	<u>Cordia dentata</u>
Helequeme	<u>Erytrina sp</u>
Jocote	<u>Spondias sp</u>
Sardinillo	<u>Tecoma stans</u>
Marango	<u>Moringa oleifera</u>
Jícaro	<u>Crescentia alata</u>
Espadillo	<u>Yucca elephantipes</u>
Guacimo	<u>Guazuma quinatum</u>
Pochote	<u>Bombacopsis quinatum</u>
Neem	<u>Azadirachta indica</u>
Leucaena	<u>Leucaena leucocephala</u>

#### 6.12.8.1.6.- ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE LAS CERCAS VIVAS

El *establecimiento* de un Cerco Vivo puede hacerse de *tres maneras*, dependiendo de la especie que se utilice para tal fin; estas formas son:

##### 6.12.8.1.6.1.- POR ESTACAS

Es el método *más usado por los agricultores porque permite el uso correcto del cerco en un plazo más corto.*

Las estacas deben tener de 4 a 8 centímetros de diámetro y hasta 22.5 metros de longitud.

De acuerdo a los trabajos realizados por Jolin y Torquebiau (1992), Budowski y Russo (1993) y Otárola y Torres (1994) las siguientes *recomendaciones* son *beneficiosas para lograr un alto porcentaje de prendimiento de los estacones.*

Los estacones deben ser cortados al final de la estación seca (previo a que aparezcan las yemas del nuevo crecimiento vegetativo), unas dos o tres semanas antes de sembrarlos y tener un largo de 2 a 2.5 metros, un diámetro en la base entre 5 y 8 centímetros y un diámetro en la punta de 3 a 5 centímetros, por lo que es necesario contar con árboles bien establecidos que hayan producido este tipo de ramas (chupones), las que tienen entre 18 y 24 meses de crecimiento. Los productores recomiendan que se corten los estacones en la fase lunar menguante y no en luna nueva ni creciente

El estacón debe ser recto y estar bien formado y libre de defectos, el corte de separación del tronco debe ser lo *más* limpio posible, también los cortes de limpieza del estacón, para removerle las ramas y follaje que tenga, deben ser limpios de manera que no dejen desgarramientos de la corteza

El manejo del estacón una vez cortado es importante, por lo que se deben evitar golpes y magulladuras, para ello *se* recomienda dejarlos cortados a la sombra por una semana para favorecer la cicatrización y luego en posición vertical por una o dos semanas para que se acumulen en la base algunos elementos nutritivos que favorecerán el enraizamiento

Durante el transporte debe evitarse que los estacones sufran golpes y magulladuras

La siembra se debe efectuar antes de que empiecen las lluvias; para lo cual se abren hoyos de 30-50 centímetros de profundidad, con un espaciamento de 1 a 2 metros entre árbol. Después de 30 a 60 días de haber empezado las lluvias, se sabrá si han prendido o no, lo cual nos indicará la necesidad de replantar, lo que se realiza al año siguiente; ya que los trasplantes realizados en plena estación de lluvia tienden a presentar problemas de prendimiento. No es recomendable cortar ni sembrar los estacones durante la época de lluvia.

No deben clavarse cerca a los estacones durante los primeros 6-12 meses; esto permitirá a los estacones afianzarse en su crecimiento, para mientras sucede esto, se recomienda utilizar algunos postes temporales en los cuales se pegue el alambre. Hay que tener cuidado de que las púas del alambre no dañen los estacones y no enterrar totalmente la grapa; con ello se evita el empotramiento del alambre en el estacón.

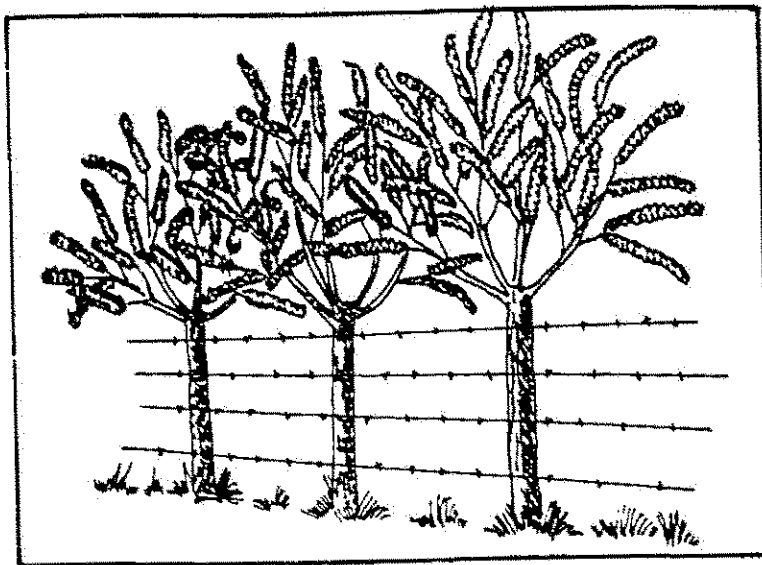
El deshije que consiste en cortar los brotes que salen en las partes baja y media de los estacones, es fundamental para fomentar un crecimiento adecuado de la cerca.

Debido a esto solamente se permite el crecimiento en la cerca de los brotes superiores, por lo tanto el follaje quedará fuera del alcance del ganado. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es que durante los primeros meses es necesario tomar medidas de precaución para que los animales no dañen los estacones al ramonear los brotes inferiores.

La poda se puede realizar cada 12 meses o más frecuentemente, cuando la necesidad de forraje y/o leña sea mayor o según la conveniencia del productor.

Los cortes de poda deben ser también limpios y no muy cerca del tronco para evitar rajaduras.

En la siguiente figura se muestra el crecimiento de una Cerca Viva, en la cual se observa el crecimiento de las ramas solamente en la parte superior, fuera del alcance del ganado



#### 6.12.6.8.1.2.- POR PLANTAS EN BOLSAS

Mediante este método las plantas se siembran en hoyos y se debe realizar un buen control de malezas. Es importante proteger las plantitas del ganado durante los primeros años.

#### 6.12.6.8.1.3.- POR SIEMBRA DIRECTA

Si se desea establecer un cerco vivo mediante siembra directa, deberán sembrarse de 2-3 semillas por golpe.

El éxito de la siembra directa está relacionado con la buena preparación del suelo, para disminuir la competencia por malezas en los primeros meses y la época de siembra debe ser al inicio del invierno para garantizar un buen prendimiento.

Este método de establecimiento es barato; pero está limitado a unas pocas especies, por ejemplo: Madero Negro y *Leucaena*.



El *espaciamiento* a emplearse entre plantas en los cercos vivos *dependerá del objetivo secundario del cerco*, así por ejemplo si es para:

*Producción de leña:* se recomienda de 1 - 2 metros entre plantas

*Producción de forraje y abonos verde:* 0.5 - 1 metros entre planta

*Producción de madera:* 2.5 - 3 metros entre planta

*Producción de frutos:* 3 metros entre plantas.

Asimismo el manejo de los cercos va a depender del objetivo secundario de producción del mismo, de la especie utilizada y de las condiciones del sitio, los cuales van a determinar la época y frecuencia de poda.

Tradicionalmente los cercos no han sido manejados adecuadamente, en general sólo se han realizado podas para reducir la sombra a los cultivos cercanos, obtener material prendedizo y producir leña.

Las podas se realizan de acuerdo al objetivo que se persiga con el establecimiento de los cercos así por ejemplo para:

*Producción de Leña:* se deben efectuar podas sistemáticas de las ramas cada 3 - 4 años a una altura de 2 - 2.5 metros para obtener rendimientos aceptables de leña y posteriormente manejar los rebrotes dejando de 2 - 3 rebrotes por poste vivo

*Producción de Forraje:* se recomienda realizar podas sistemáticas de las ramas a una altura de 2 - 2.5 metros con frecuencia de 4 - 6 meses, efectuándose la primera poda después de los dos años. En las zonas secas deberán hacerse podas parciales del árbol para evitar mortalidad de los postes vivos. No es necesario hacer selección de rebrotes.

*Producción de Madera y Frutales:* se deben realizar podas de formación. La especie maderable se debe manejar de acuerdo a su turno de corta y los frutales no deben cortarse

En el caso de la producción de madera es importante hacer un manejo adecuado del alambre de púas, el cual consiste en removerlo cada vez que sea necesario para evitar que se introduzca en el fuste provocando defectos en la madera.

Se debe evitar mezclar muchas especies en un mismo cerco porque dificultará su manejo. Lo recomendable es plantar tramos de una misma especie de acuerdo al tamaño del cerco.

### 6.13.- CULTIVOS EN CALLEJONES

#### 6.13.1.- GENERALIDADES

En los sistemas agrícolas tradicionales se ha dado poco énfasis, a la conservación de suelos ocasionándose graves problemas de deterioro económico y ambiental, para los cuales los Cultivos en Callejones representan una alternativa de solución.

El sistema de Cultivos en Callejones pretende conciliar la producción de corto plazo con el mantenimiento de la productividad agrícola a largo plazo a través del manejo adecuado de suelos y agua; este se hace en terrenos planos.

El cultivo en callejones es apropiado para huertos familiares y para tierra arable cultivada. Generalmente se prefieren las especies multipropósito debido a que dan más flexibilidad al sistema; se recomiendan los árboles y cultivos leguminosos debido a su capacidad para fijar nitrógeno; su meta principal es la producción agrícola con un bajo nivel de insumos.

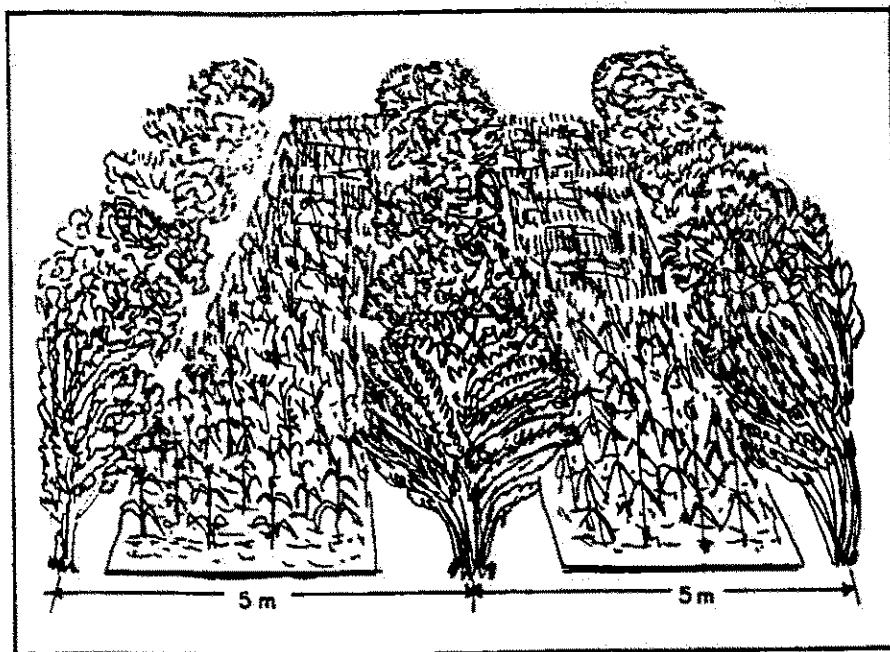
#### 6.13.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Cultivo en Callejones:

Franjas de cultivos de granos básicos u hortalizas que se alternan con hileras simples de árboles. Se prefiere que los árboles utilizados sean fijadores de nitrógeno preferiblemente de la familia de las leguminosas y de rápido crecimiento

Establecimiento de hileras de árboles o arbustos intercalados con cultivos agrícolas; el objetivo inmediato es la producción de abono verde provenientes de las podas de los árboles y posterior incorporación de la biomasa al suelo con el fin de mejorar la estructura del suelo y aumentar la fertilidad y protección del mismo

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de un Cultivo en Callejones



#### 6.13.3.- *BENEFICIOS*

Un sistema de cultivos en callejones nos proporciona los siguientes beneficios:

- . Abono verde o cubierta muerta para los cultivos alimenticios asociados; de esta forma los nutrientes vegetales son reciclados desde capas más profundas del suelo
- . Ramillas que se utilizan como cubierta muerta, para romeneo, para material de estacas y leña
- . Sombra durante el período de barbecho

- . Control de maleza
- . Condiciones favorables para macro y microorganismos
- . Proporcionan una barrera para el control de la erosión del suelo cuando se plantan a lo largo de curvas a nivel en tierras con declive
- . Fijan nitrógeno biológicamente al cultivo asociado

#### 6.13.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En el siguiente cuadro se presentan las ventajas y desventajas que presenta el sistema de Cultivos en Callejones

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Estabilización de la producción agrícola</li> <li>. Proporcionan abono verde al suelo mejorando su estructura y fertilidad</li> <li>. Favorecen la infiltración de agua y mantienen la humedad del suelo, sirviendo de barrera para el control de la erosión</li> <li>. Diversificación de productos (leña, forraje, etc)</li> <li>. Reducción del crecimiento de malezas por efecto de la sombra y la incorporación de material vegetal al suelo</li> <li>. Disminución de las labores de preparación de suelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Reducción del área a ser cultivada</li> <li>. Posible disminución de la producción agrícola por efecto de sombra y competencia de nutrientes si no se maneja adecuadamente</li> <li>. La aplicación de podas frecuentes, requiere aumento de la mano de obra</li> </ul>

#### 6.13.5.- CARACTERISTICAS DE DEBEN POSEER LAS ESPECIES QUE SE UTILICEN COMO CULTIVOS EN CALLEJONES

Se prefiere que los árboles o arbustos utilizados para Cultivos en Callejones *sean fijadores de Nitrógeno para mejorar la fertilidad del suelo y disminuir el uso de abonos químicos.*

Las características deseables que deben poseer las especies a ser utilizadas en este sistema agroforestal son las siguientes:

- . Deben ser de fácil establecimiento
- . Ser de crecimiento rápido
- . Tener un sistema de raíces profundo
- . Buena producción de follaje
- . Regenerarse rápidamente después de la poda
- . Tener buena capacidad de competencia
- . Ser fáciles de erradicar
- . Proporcionar subproductos útiles (leña, forraje, etc.)

Las *especies fijadores de nitrógeno más utilizadas en nuestro país* son: *Leucaena, Madero Negro, Helequeme*; otras especies con importante uso potencial son la *Bracatinga, Caliandra, Melina, Neem.*

Los cultivos *más apropiados* para este sistema agroforestal son: *maíz, sorgo, curcubitáceas, yuca, etc.*

#### 6.13.6.- ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CULTIVOS EN CALLEJONES

Uno de los *factores más importantes* para el establecimiento de los cultivos en callejones es la *disposición de las hileras de árboles, teniendo el cuidado de sembrarlas siguiendo las curvas de nivel en sentido contrario a la pendiente del terreno.*

En *terrenos planos* las hilera de árboles deben orientarse de *Este a Oeste* para disminuir el efecto de sombra sobre los cultivos.

Generalmente se *siembran los árboles en doble hilera, dejando un callejón de 4 a 5 metros para los cultivos.* También se puede establecer una *simple hilera de árboles y dejar callejones mas angostos de 2 a 3 metros.*

Los árboles deben sembrarse directamente a tres bolillos dejando entre ellos una distancia de medio metro.

Para ello deben prepararse fajas suficientemente anchas donde se sembrarán las hileras de árboles y de esta manera evitar que haya demasiado competencia por el crecimiento de malezas.

En dependencia de la especie que se utilice las hileras de árboles pueden establecerse a través de tres métodos básicos: plantas en bolsas, estacas y siembra directa.

Los cultivos agrícolas deben sembrarse entre las hileras de los árboles a una distancia mínima de 0.5 metros de los árboles; los que se establecen con las técnicas agronómicas apropiadas para cada cultivo.

Cuando los árboles nazcan y se desarrollen es necesario mantener la faja libre de malezas, también hay que resembrar en aquellos sitios donde no hubo buena germinación. Una vez desarrollados los árboles se podan a una altura aproximada de un metro para que produzcan más ramas y hojas.

La poda dependerá de las especies arbóreas, los cultivos agrícolas a establecer y de las condiciones del sitio.

El objetivo de la poda es disminuir la competencia de luz con los cultivos, obtener leña o para hacer estacas de hortalizas, el follaje servirá para cubrir el suelo e incorporar materia orgánica al mismo.

La primera poda de los árboles va a estar en dependencia del desarrollo de los mismos, debiendo realizarse cuando el fuste tenga un diámetro de 3 - 5 centímetros a una altura que dependerá del cultivo agrícola.

Las podas sistemáticas se deben realizar antes de la época de siembra de los cultivos y en algunos casos durante su desarrollo.

En zonas secas se recomienda que las podas no sean drásticas o totales para evitar la mortalidad de los árboles y favorecer las condiciones ambientales a los cultivos.

La técnica más adecuada para realizar el corte es con machete bien afilado, para ello se recomienda cortar los árboles de abajo hacia arriba para reducir daños. La altura de poda dependerá del cultivo y puede ser de 0.5 a 1 metros.

Por ejemplo para el cultivo de frijol, los árboles se recomienda que se poden a 50 centímetros y para maíz o yuca a un metro.

Todo el follaje proveniente de la poda de los árboles deberá ser depositado verde en el suelo, distribuyéndolo por toda el área de los callejones. Este follaje se irá descomponiendo sobre el suelo formando una capa o mantillo de materia orgánica rica en nutrientes. A través del tiempo esta capa permitirá que la siembra se realice al espeque, evitando con esto la preparación del suelo.

En los primeros años la preparación del suelo deberá ser con labranza mínima.

Todos los rastrojos provenientes de los cultivos agrícolas deberán ser incorporados al suelo; nunca deben hacerse quemas.

Al final del invierno y durante el verano, se recomienda dejar crecer los árboles para proteger el suelo contra el resecamiento que causan el sol y el viento.

#### 6.14.- HUERTOS CASEROS

Los huertos caseros son prácticas agroforestales muy antiguas que tienen su origen en la necesidad de cultivar la tierra muy intensivamente por ser un recurso escaso.

Son una práctica tradicional de usos de la tierra caracterizada por la agrupación de cultivos, árboles y algunas veces animales, con una producción diversificada, ubicados en los patios de las casas de los pequeños agricultores.

Constituyen sistemas de subsistencia con un bajo nivel de insumos, representan un medio de obtención de alimentos, leña, etc., y constituyen una fuente adicional de ingresos para la comunidad rural.

Las especies utilizadas tradicionalmente en huertos caseros por los productores nicaragüenses son maderables, frutales (citrícos, mangos, musáceas etc.), medicinales y ornamentales.

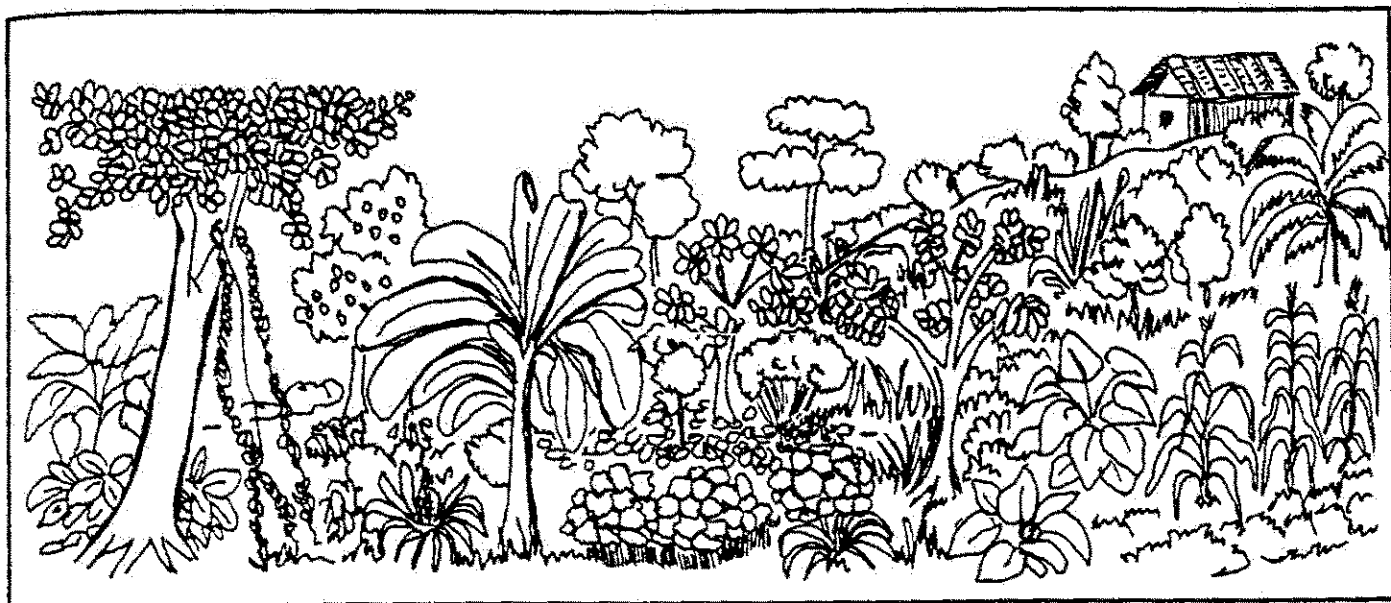
#### 6.14.2.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En el siguiente cuadro se resumen algunas ventajas y desventajas que presentan los Huertos Caseros

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención de una producción alta y sostenida</li> <li>Incremento de la productividad por la crianza de animales domésticos, abejas y peces</li> <li>Satisfacen las necesidades de autoconsumo de la familia campesina</li> <li>Producen excedente para el mercado</li> <li>Requieren el uso de insumos externos mínimos, porque el huerto provee semillas, abono e insecticidas</li> <li>Producción por unidad de superficie alta</li> <li>El suelo siempre esta cubierto de hojarasca, rastros o malezas arrancada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se requiere de mucha mano de obra para su manejo</li> <li>Su tamaño generalmente es de media manzana y se establecen alrededor de la casa del agricultor</li> <li>Para establecerlos es necesario conocer los diferentes requerimientos de agua, luz, nutrientes, forma de crecimiento de las diferentes plantas que se utilicen para tal propósito</li> <li>Requieren de mucho trabajo manual de limpieza, siembra y podas periódicas</li> </ul>



En la siguiente figura se muestra un ejemplo de un Huerto Casero establecido en los alrededores de la casa del agricultor



#### 6.15.- SISTEMA TAUNGYA

##### 6.15.1.- GENERALIDADES

El método Taungya existe desde hace más de 100 años y fue creado en Birmania, Asia, para establecer plantaciones forestales industriales de Teca, Pino, Laurel, Melina y Eucalipto.

Es un método de reforestación que combina la producción de árboles (madera-leña) con la siembra de cultivos agrícolas básicos durante los primeros años de establecimiento de los árboles (1-3 años), hasta que la sombra de los mismos no lo permiten.

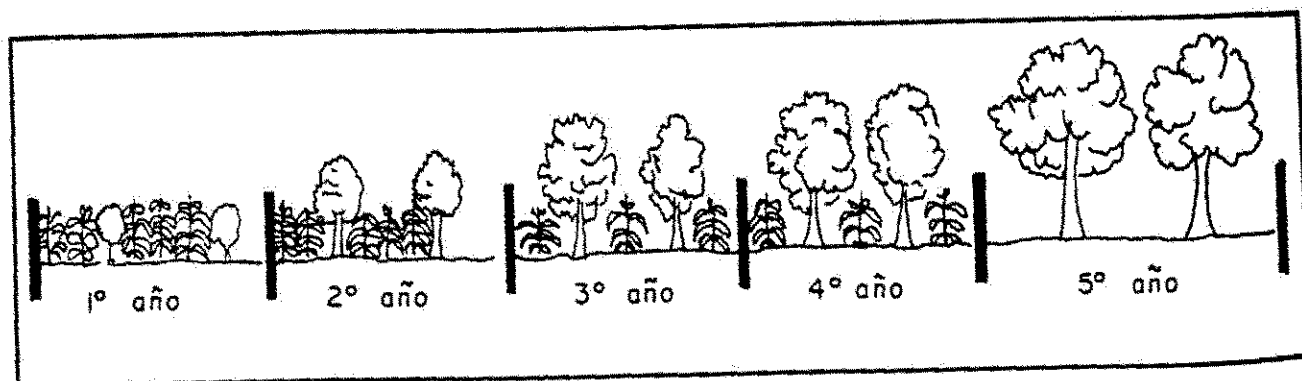
La meta del sistema Taungya es la producción forestal; el cultivo sirve para bajar los costos de establecimiento de la plantación ya que las limpias y fertilizaciones que se realicen a estos favorecerán el crecimiento de los árboles, evitándose con ello la chapia en el rodal puro la cual es una de las labores que con más frecuencia se realizan.

El método Taungya es una práctica agroforestal temporal, porque se alterna uso silvoagrícola con uso forestal o silvícola, se realiza en zonas de vocación forestal para recuperar terrenos deteriorados por malas prácticas agrícolas o pecuarias, para el establecimiento de plantaciones grandes tanto forestales como frutales.

Este método da buenos resultados en zonas húmedas donde se puede cultivar todo el año, en cambio si se desea implementar en zonas secas se deben tomar precauciones para proteger la plantación del pastoreo de ganado e incendios en los meses secos cuando no se cultiva.

Un ejemplo de este sistema lo constituye el establecimiento de Eucalipto con Frijol, Maíz y Sorgo o Leucaena con Maíz y Frijol cultivados entre las líneas de los árboles.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo del método Taungya



#### 6.16.- ARBOLES DE SOMBRA PARA CULTIVOS

##### 6.16.1.- GENERALIDADES

Es una práctica silvoagrícola tradicional que consiste en la combinación de árboles forestales y/o frutales con cultivos perennes como café, cacao, caucho o cocotero.

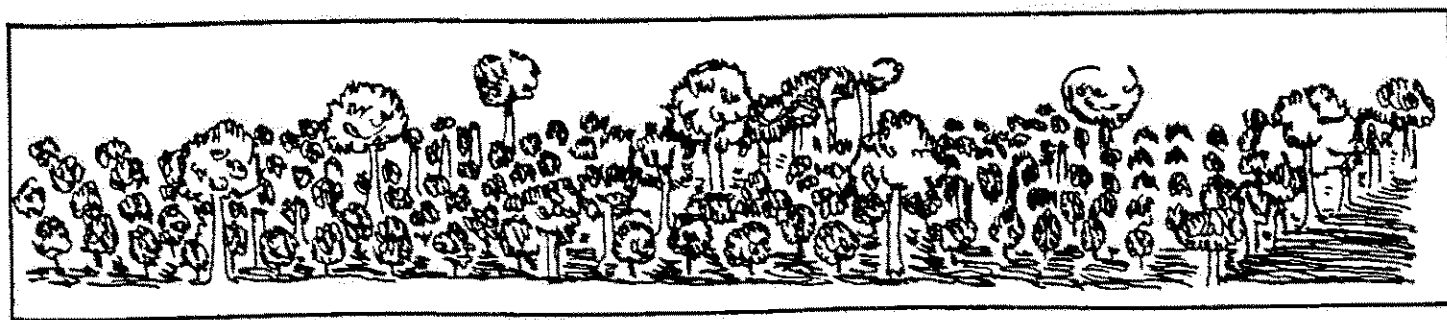
Se recomienda combinar árboles fijadores de nitrógeno los que se deben podar periódicamente con árboles altos para sombra y madera. Del material obtenido de las podas, el follaje se debe utilizar para mantillo del suelo y las ramas para leña.

*Cada dos años se deben podar los árboles fijadores de nitrógeno a una altura de 1.5 metros en el período de la poda de los cafetos.*

Al implementar esta práctica se formarán diferentes capas o estratos desde arriba hacia abajo, aumentándose la densidad cerca del suelo parecido a la situación que se presenta en un bosque natural y de esta manera el suelo estará bien protegido y cubierto de hojarasca; lográndose una producción segura y sin deterioro del mismo.

*En el caso de tener parcelas grandes, se deben escoger 2 ó 3 tipos de árboles y plantar hileras de árboles para abono e hileras de árboles para sombra. En cambio en parcelas de tamaño mediano se deben plantar hileras mezcladas de árboles para abono y sombra respectivamente.*

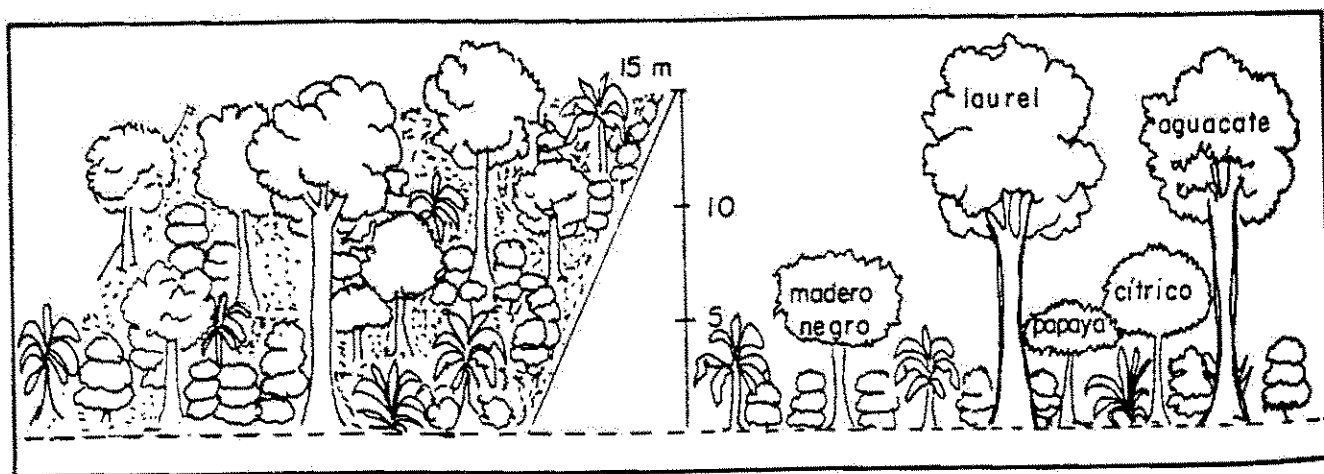
En las siguientes figuras se muestra un ejemplo de lo expuesto anteriormente



Si se cuenta con parcelas pequeñas en donde el cultivo perenne es el principal se pueden cultivar árboles frutales y alimentos para el autoconsumo de la familia.

Para realizar esto se pueden cultivar árboles altos que den media sombra (Cedro, Laurel), los que pueden ser cortados para obtener madera y árboles frutales (aguacate, mango). Asimismo cultivar árboles más bajos para obtener leña, abono y forraje (Helequeme, Madero Negro, Leucaena), estos se deben podar periódicamente 2 veces al año o cada 2 años según su crecimiento y los productos que se quieran obtener. También se pueden cultivar cítricos, papaya, banano, según el gusto del productor y las condiciones de clima y suelo.

En la figura que se presenta a continuación se muestra un ejemplo de lo descrito anteriormente



#### 6.17.- BOSQUETES

##### 6.17.1.- GENERALIDADES

Un bosque es una extensión pequeña de tierra cubierta por especies forestales que pueden tener múltiples usos, que se establecen con el objetivo de que los productores logren autosuficiencia en el abastecimiento de leña, postes, madera y otros productos.

Para *establecer esta práctica* en las propiedades de los *agricultores* es necesario que exista *interés* por parte de ellos en *destinar una extensión de su tierra para establecerlos* y que sientan la *necesidad de los beneficios* que los árboles les brindarán.

Antes de *dimensionar un bosque* en la finca de un productor es necesario que se consideren los recursos existentes en la misma; ya que por ejemplo es preferible implementar cercas vivas con fines de leña antes de *destinar un área de la finca puramente para un bosque energético*.

Para *establecer un bosque* se deben sembrar plántulas de 30 a 45 centímetros de altura, distanciadas desde 2 x 2 hasta 3 x 3 metros, con ello obtendremos una densidad de 2500 a 1100 plántulas por hectárea. La siembra se debe realizar en la estación lluviosa y es necesario abrir hoyos de aproximadamente 30 centímetros de profundidad para poder realizarla.

#### 6.18.- BARRERAS VIVAS

##### 6.18.1.- GENERALIDADES

Las barreras vivas también conocidas como *Fajas Anti-erosivas* son obras biológicas de conservación de suelos que deben implementarse después de la práctica de surcos en contorno con rastrojo y labranza mínima.

Sirven para reducir la velocidad del agua de escorrentía y además actúan como filtros vivos, atrapando los sedimentos que lleva el agua que escurre por el suelo. Para cumplir con esta función deben utilizarse plantas perennes de crecimiento denso, sembradas en hileras continuas o casi continuas, para que con el tiempo formen un obstáculo efectivo al paso del suelo. Se pueden emplear tanto en cultivos limpios como en cultivos densos o de semibosque.

El mismo año que se comience a trabajar con surcos en contorno, se deben implementar las barreras vivas para darle una mayor permanencia al sistema.

Este sistema se parece al cultivo en callejones. La diferencia es que aquél se utiliza en terrenos planos, mientras que las barreras vivas de árboles se siembran a nivel en terrenos con pendiente para controlar la erosión.

Para obtener buenos resultados, se recomienda que el primer año se comience con una barrera viva de alguna especie herbácea de crecimiento rápido como por ejemplo Pastos o Gandul, para lograr un beneficio a largo plazo y asegurar la permanencia de la misma, se pueden sembrar también en esta barrera una hilera de árboles; usualmente leguminosos de uso múltiple como por ejemplo Madero Negro o Leucaena. La barrera viva puede dejarse solo con árboles aunque la combinación con un pasto es beneficioso para el productor.

En terrenos con pendiente hasta de 15% y con suelos profundos, las barreras vivas pueden detener la degradación del suelo a niveles tolerables, siempre y cuando vayan acompañadas de buenas prácticas agronómicas como por ejemplo cultivo en contorno, cobertura viva o muerta.

En el caso de terrenos con pendientes entre 15 a 60% y en suelos con baja capacidad de infiltración de agua, las barreras vivas necesitan obras de conservación complementarias como por ejemplo terrazas de desviación, acequias de ladera, barreras de piedra, para lo cual se deben sembrar de 20 - 30 centímetros lado arriba de la obra física con el objetivo de proteger el talud superior de la estructura y aumentar la capacidad de acumulación de sedimentos atrás de las obras.

El suelo que se deposite contra las barreras, producto del deshierbe que se realice en las fajas de terreno comprendidas entre las barreras puede formar en un período de 4 a 5 años una Terraza de Banco o Bancales, lo cual constituye el método más sencillo y económico para la formación de los mismos. Además las barreras constituyen una guía permanente para la siembra en contorno o curva a nivel.

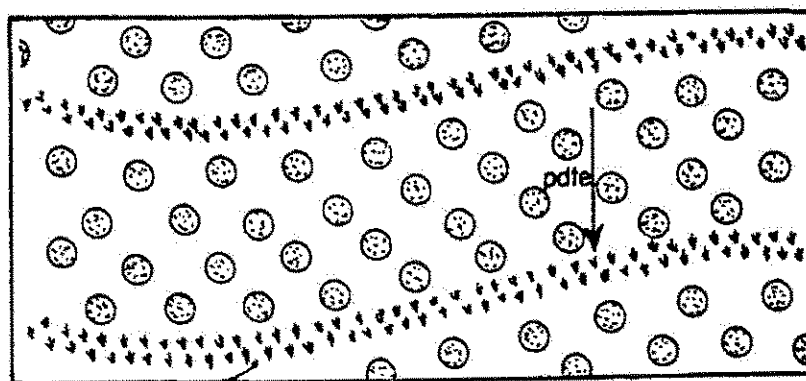
En regiones de abundante precipitación y con suelos arcillosos o poco permeables, es conveniente darles a las barreras una inclinación o pendiente del 0.5 al 1% hacia un desagüe lateral protegido, con el fin de evitar encharcamientos.

## 6.18.2.- DEFINICION

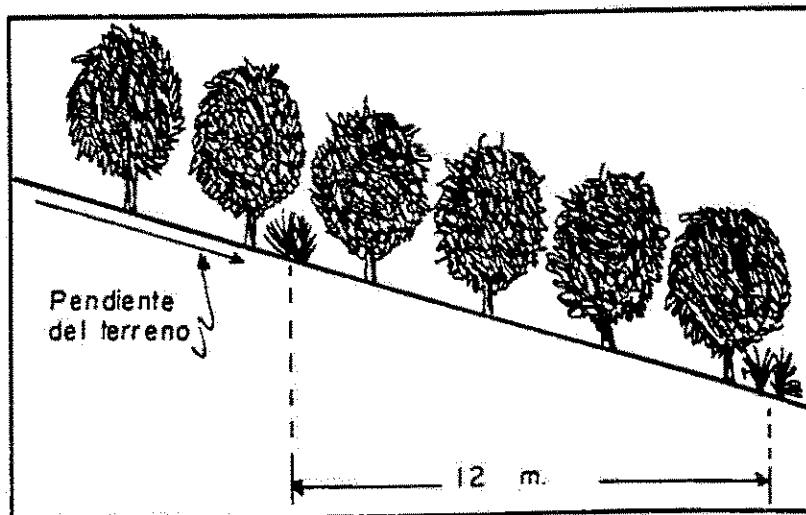
A continuación se presentan algunas definiciones del término Barrera Viva:

- . Hileras de plantas perennes o semi-perennes de crecimiento denso y resistentes a la fuerza de la escorrentía, dispuestas con determinado distanciamiento horizontal las cuales se siembran a través de la pendiente, casi siempre en contorno o siguiendo las curvas a nivel
- . Hileras de plantas herbáceas o arbóreas colocadas en curvas a nivel a distancia determinada

Las siguientes figuras nos muestran una Barrera Viva establecida en una plantación perenne



Barreras vivas sembradas a tres-bolillo



## 6.18.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En el siguiente cuadro se resumen las ventajas y desventajas que presentan las Barreras Vivas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización de material vegetativo por parte del agricultor, por ejemplo para forraje, materia orgánica, alimento, postes, etc</li> <li>Costo de establecimiento bajo, se utiliza mano de obra del agricultor, se requieren pocas herramientas y se pueden utilizar materiales locales</li> <li>Son de fácil adopción por el agricultor (trazado sencillo y fácil mantenimiento)</li> <li>Favorecen la formación natural de forma progresiva de terraza en el terreno</li> <li>Reforzamiento y protección de obras físicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se requiere de una gran cantidad de cepas, las cuales no siempre están disponibles al agricultor</li> <li>En suelos con estructura pobre y donde el largo de la pendiente es grande, la fuerza del flujo laminar de escorrentía puede impedir su establecimiento y en este caso se requieren obras de conservación complementarias</li> <li>En terrenos con topografía irregular habrá puntos donde se pueden formar huecos en la barrera, por lo que se recomienda trazar las líneas en contorno con estacas a una distancia no &gt; de 5 metros, además es indispensable un mantenimiento cuidadoso</li> <li>Posibilidad de invasión del área cultivable por la variedad sembrada</li> <li>Pérdidas de surcos de cultivos por la sombra</li> <li>Una vez que la barrera está sembrada, no funciona todavía. Hay que esperar que crezca y cierre bien para que cumpla sus funciones, esto puede demorar de 4 - 8 meses según la disponibilidad de agua</li> </ul>



#### 6.18.4.- CARACTERISTICAS QUE DEBEN POSEER LAS PLANTAS QUE SE UTILICEN COMO BARRERAS VIVAS

- . Ser perennes, semi-perennes o arbóreas y de crecimiento denso
- . No necesitar de mucho requerimiento de agua y nutrientes y ser aportadoras de nutrientes para el suelo
- . Tener un costo relativamente bajo de cultivo y dar otros productos útiles como: frutas, plantas medicinales, flores, forraje, materia orgánica para incorporarse al suelo o a la abonera, leña, etc
- . Tener un sistema radicular fuerte para sostener el suelo
- . No dar mucha sombra, ni ser nidos de ratas y culebras

En el siguiente cuadro se resumen los nombres de algunas especies utilizadas en Nicaragua como Barrera Viva

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Vetiver	<u>Andropogum muricatus</u>
Limoncillo	<u>Andropogum citratus</u>
Pasto Imperial	<u>Paspalum fournerianum</u>
Piña	<u>Ananasa sativa</u>
Piñuela	<u>Bromelia karattas</u>
Gandul	<u>Cajanus cajan</u>
Pasto Taiwan	<u>Pennisetum purpureum</u>
Leucaena	<u>Leucaena leucocephala</u>
Madero Negro	<u>Gliricidia sepium</u>

El Proyecto Agrosilpastoril del CATIE en nuestro país, utilizó el *Pasto Taiwan* como Barrera Viva en 16 fincas de productores en Estelí; la siembra se efectuó con semilla a chorro y los resultados en cuanto a establecimiento y función fueron excelentes. Se establecieron en promedio 900 metros de barrera viva por finca y para la poda de fin de año se cosechó un promedio de 86 kilogramos de forraje verde por cada 100 metros de barrera viva. Este material fué utilizado directamente para *alimentar ganado* y en algunos casos se utilizó en *hornos forrajeros*. (Citado por Radulovich, R., 1994).

*Quando se utilicen pastos como barreras vivas es importante que el follaje sea cosechado cada año antes de que llegue a semilla, de lo contrario, se estará promoviendo la infestación del terreno.*

Según Chévez y Foletti, 1994, otro caso particular de la implementación de esta práctica en nuestro país, lo constituye la utilización exitosa del Gandul por el Proyecto Chinorte. Este se utilizó como especie herbácea mientras se establecía el Madero Negro, con una densidad de 12 plantas por metro.

*Las ventajas que presenta el Gandul es que tiene alto porcentaje de germinación, es agresivo para establecerse y además proporciona grano para consumo humano y algo de leña.*

El uso de *Vetiver*, aunque presenta grandes beneficios en términos de efectividad de la barrera viva y facilidad de implementación, presenta las desventajas de que el material de siembra a veces no es fácil de obtener y sus productos no son directamente utilizables; por ejemplo el follaje es poco apetecido por los animales, lo cual en algunas circunstancias puede ser una ventaja, sobre todo cuando se practica el pastoreo de rastrojos, ya que los animales respetarán las barreras vivas establecidas con este material. Además esta especie es muy tolerante a extremos climáticos, se puede establecer una excelente barrera con una hilera de plantas densamente sembradas, la mayoría de las variedades no son invasivas, asimismo el follaje puede ser utilizado como tejido para artesanías y el aceite de las raíces es comercializable, pero requiere de industrialización.

## 6.18.5.- ESTABLECIMIENTO

La forma de propagación de una barrera viva varia según la especie de planta a sembrar y el tipo de material vegetativo disponible.

Las principales formas de siembra utilizadas para el establecimiento de una barrera viva son las siguientes:

- . Cañas o canutos
- . Estacas o esquejes
- . Semillas
- . Bulbos o camotes
- . Macollas o cepas

Cualquier *material* que se utilice como método de propagación de una barrera viva debe estar *sano, sin daños de insectos ni señales de enfermedad*. Las *cañas o tallos deben ser de buen grosor, ni muy gruesos (leñosos) ni muy delgados (tiernos)*.

Los *pasos* que deben seguirse para *establecer una barrera viva* son los siguientes:

- . Determinar la pendiente promedia o típica del terreno
- . Determinar el distanciamiento entre barreras
- . Seleccionar y preparar el material a utilizar
- . Preparar el terreno
- . Sembrar o plantar el material

Para *preparar el material vegetativo* deben cortarse los *tallos o cañas con un machete bien afilado en forma inclinada, a unos 10 o 20 centímetros sobre el nivel de la tierra*. Luego deben *arrancarse todas las hojas (deshojar la caña) y cortar la caña en estacas individuales que contengan de 4 a 5 nudos*.

Al *preparar las macollas o cepas* es necesario realizar la *poda de las hojas y las raíces, si las macollas son muy grandes se recomienda partirlas en varias más pequeñas*.

Si utilizamos *semilla* como material de propagación es importante *limpiarla para quitar cualquier semilla de malas hierbas y efectuar una prueba de germinación para determinar la cantidad de semilla que se debe utilizar*.

La siembra de la barrera se debe realizar en la época de lluvia; para ello se debe hacer un surco poco profundo, siguiendo la curva a nivel o la corona de la estructura complementaria de conservación en toda su longitud. Para lo cual podemos utilizar un azadón o una piocha, abriendo una franja de 20 centímetros de ancho y unos 10 - 15 centímetros de profundidad.

Si la barrera es sencilla y estará combinada con una obra física, esta se debe sembrar a 20 - 30 centímetros del talud de corte superior de la obra.

En el caso que se utilicen estacas como material de propagación, cada estaca debe colocarse de 15 - 20 centímetros de distancia una de otra, y enterrar dos nudos a una profundidad de 5 - 7 centímetros en el suelo y dejar 2 ó 3 nudos fuera de la tierra. Es recomendable enterrar la estaca con una inclinación de aproximadamente 30° sobre la superficie del suelo.

Al utilizar estacas el material brotará de 8 - 12 días. Debido a la pequeña porción del material enterrado y al brote de las yemas áreas, se reducen los problemas de pudrición en suelos muy húmedos y la cantidad de trabajo en el establecimiento. Pero como solamente la mitad de los nudos están enterrados, esto hace que se aproveche menos la caña. Además este material tiende a ser menos resistente a la sequía y hay una tendencia a dejar mucho espacio entre estacas, lo que nos trae como resultado una barrera muy rala.

En el caso de utilizar caña como material de propagación de la barrera, se debe abrir un surco a lo largo de la obra y ubicarlas al fondo, estas deben estar traslapadas de tal manera que la distancia entre nudos sea uniforme en todo el surco; para ello se recomienda utilizar una distancia de 15 a 20 centímetros. Si se cuenta con suficiente material es recomendable sembrar una doble hilera de caña para asegurar el rápido cierre de la barrera.

Entre las ventajas que presenta la utilización de este tipo material para el establecimiento de la barrera cabe citar que se aprovecha más la humedad del suelo, se utiliza más eficientemente el material ya que de cada nudo nace un brote y se cubre mayor área con menos material. Pero cuando se establecen en suelos con problemas de drenaje hay mayor riesgo de atraso en la germinación y pudrición de la caña, que en la siembra por estacas.

Si el material a utilizar para la propagación de una barrera es *macollas, cepas o bulbos* esta se hace de forma similar como cuando se utiliza *caña o estacas*.

Se recomienda utilizar una *distancia de 15 centímetros entre matas* para asegurar una barrera bien tupida; si contamos con suficiente materia se debe sembrar una segunda hilera en forma alterna (*tres bolillos*) a una distancia de 15 a 20 centímetros arriba de la primera. Las *macollas o cepas* deben sembrarse a una profundidad tal, procurando que la corona de las raíces quede a ras del suelo. Los *bulbos* deben plantarse a una profundidad de 5 a 7 centímetros.

La utilización de *semillas* para la siembra de una barrera requiere más tiempo para que esta pueda establecerse, a veces es la única forma de material de la cual dispone el agricultor.

Para sembrar con semilla, es necesario *preparar el surco* de la misma manera como se explico anteriormente, pero es importante *dejar la superficie del terreno suelta y nivelada*. La cantidad de semilla a utilizar dependerá del porcentaje de germinación que esta tenga. Al final se debe *rastrillar la superficie del surco ligeramente para medio incorporar la semilla en la superficie del suelo*, es importante no enterrar la semilla, sino sólo incorporarla en el primer centímetro de la capa superior de suelo.

#### 6.18.6.- DISTANCIAMIENTO

El tipo de cultivo a establecer y la pendiente del terreno son los factores que se deben tomar en cuenta para determinar el *distanciamiento o intervalo* que existirá entre barreras vivas.

Por ejemplo cuando se utilicen *barreras vivas* en cultivos limpios, estas se deben establecer con una separación menor que cuando se utilicen en cultivos densos o de semibosque. En los terrenos con pendiente pronunciada hay que establecer un mayor número de ellas.

En el caso de establecerlas en plantaciones perennes las barreras deben quedar entre las calles, sin acercarse mucho a los árboles o arbustos.

En huertos o plantaciones nuevas las barreras vivas deben sembrarse al momento de trazar la plantación y usarse como líneas guías. En plantaciones viejas es necesario desviar en algunos sitios la línea de la barrera ya que podemos encontrar plantas mal colocadas.

Los cuadros que se presentan a continuación resumen valores de distanciamientos que pueden ser utilizados en Barreras vivas

**Distanciamientos para Barreras Vivas**  
(Tomado de Velázquez, D., 1992)

<i>Pendiente del Terreno (%)</i>	<i>Distanciamiento Horizontal en metros entre barreras</i>
5	20
10	15
12	12

**Distanciamiento de Barreras Vivas para Cultivos Limpios**  
(Tomado de Suárez de Castro, 1982)

<i>Pendiente del Terreno (%)</i>	<i>Distanciamiento Horizontal (metros)</i>
5	20
10	15
15	10
20	9
25	8
30	6.5
35	6
40	6

Distanciamiento de Barreras Vivas en Cultivos Densos o de  
Semibosque (Tomado de Suárez de Castro, 1982)

<i>Pendiente del Terreno (%)</i>	<i>Distancia Horizontal (metros)</i>
5	25
10	20
15	18
20	15
25	15
30	12
35	12
40	9
45	9
50	9
55	9
Más del 60	6

Distancias inclinadas entre Barreras Vivas  
(Tomado de Zimmerman et al., 1992)

<i>Pendiente del Terreno (%)</i>	<i>Profundidad Efectiva del Suelo (centímetros)</i>	<i>Distancia Inclinada entre obras (metros)</i>
0 - 5	11 - 40	10 - 15
6	> 41	15 - 20
7 - 24	11 - 40	8 - 10
25	> 41	10 - 12
26 - 54	11 - 40	4 - 6
55	41	6 - 8
56	11 - 40	2 - 3
Mayor de 56	41	3 - 4

## 6.18.7.- MANTENIMIENTO

Algunos aspectos que se deben tomar en cuenta para el mantenimiento de una barrera viva se describen brevemente a continuación.

- . Al brotar las yemas o nacer las plantas, se debe revisar la barrera y resembrar los lugares vacíos
  - . Revisar periódicamente que la distancia de siembra ha sido adecuada y que el tupimiento de la barrera es correcto
  - . Chapear la barrera a alturas variables según las especies utilizadas para evitar que las cañas se pongan muy leñosas o que las cepas tomen demasiado volumen y compitan con el cultivo principal; la función principal de esta actividad es provocar que la planta produzca brotes basales vigorosos y nuevos para que la barrera sea mas densa y efectiva. Es recomendable que la barrera tenga una altura promedio de 0.75 centímetros a un metro
  - . Al verificar las desyerbas se recomienda acumular los residuos contra las barreras para que se vayan formando bancales
  - . Cuando se utilicen como barrera especies de zacate que son invasores como por ejemplo el Jaragua, es necesario cortar la planta antes que llegue a la etapa de producción de semilla; si no se aprovecha el forraje para los animales, se recomienda alinearlos al lado superior de la barrera para lograr una mayor protección del suelo
- Evitar la entrada del ganado al área donde se establecerán las barreras, por lo menos durante el primer año de su instalación, ya que pueden ser destruidas o arrancadas por pisoteo



## 6.19.- CORTINAS ROMPEVIENTOS

### 6.19.1. GENERALIDADES

La erosión eólica ha ocasionado pérdidas de suelo y pérdidas agrícolas en diversas zonas de Nicaragua. Para contrarrestar este problema es necesario sembrar un conjunto de cortinas rompevientos con el objetivo de disminuir la velocidad del viento.

Las cortinas rompevientos también denominadas *Barreras Rompevientos, Setos Vivos o Fajas de Albergue* por servir de refugio a cierto tipo de fauna constituyen una práctica de tipo generalizado para el control de la erosión eólica; que se utiliza en áreas agrícolas, de pastizales, desprovistas de vegetación y en zonas urbanas.

En las regiones semisecas las cortinas rompevientos son importantes porque propician microambientes menos ventosos, calientes y más húmedos, lo que favorece el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Toda barrera colocada en la trayectoria del viento reduce la velocidad de éste, en la zona cercana al suelo, por ofrecer una resistencia a su avance y desviar las corrientes de aire.

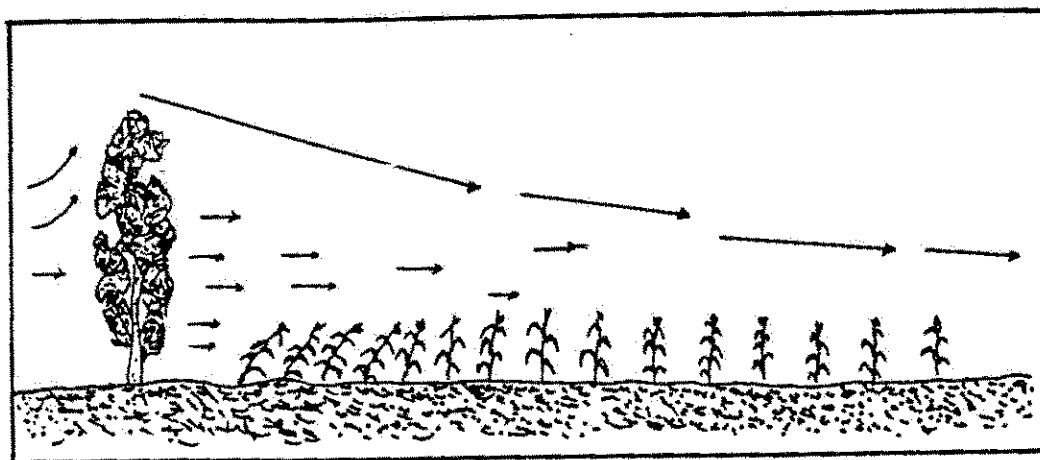
El establecimiento de cortinas rompevientos es recomendable para la protección de cultivos de valor comercial, para la protección de las casas y el solar. Además esta tiene que brindar otros beneficios como forraje, leña, madera y frutos.

Las cortinas rompevientos se deben establecer con orientación perpendicular a la dirección de los vientos predominantes en la estación seca y debe ser suficientemente larga (100 metros o más), alta (10 metros o más) y densa (pero semipermeable) para asegurar un buen control de los mismos.

En nuestro país en 1981-82 el Proyecto Control de Erosión de Occidente (PCEO) estableció 1,200 kilómetros de cortinas rompevientos con el objetivo de proteger 40,000 hectáreas de suelos agrícolas de la erosión eólica; los resultados de esta acción fueron positivos ya que se redujo notablemente la erosión, así como el número e intensidad de las tolvaneras en Occidente.

A partir de 1986 dichas cortinas han sufrido una continua destrucción a tal punto que han desaparecido en un 60% aproximadamente. Esta destrucción ha sido causada por la carencia de planes de manejo, mantenimiento, y falta de clarificación en la tenencia de las misma.

En la siguiente figura nos muestra el efecto beneficioso que brinda una Barrera Contraviento al reducir la velocidad del viento y proteger los cultivos del efecto dañino de los mismos



#### 6.19.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término Cortina Rompeviento:

- . Hileras de árboles y/o arbustos sembrados de manera que reducen la velocidad del viento, reduciendo el daño mecánico de éste en los cultivos, la erosión eólica y la evapotranspiración
- . Alineación de una o más hileras de árboles o arbustos para formar una barrera lo suficientemente alta y densa que constituya un obstáculo al paso del viento y aún del polvo
- . Plantaciones de árboles y arbustos en hileras que se establecen con el objetivo de proteger las parcelas cultivadas de los efectos dañinos del viento

Están constituidas por una o varias (1 - 10) hileras de árboles y arbustos en sentido perpendicular a los vientos dominantes, con el fin de proteger los cultivos, pastos y ganado de la acción perjudicial y destructiva del viento

Hileras de árboles o arbustos dispuestas perpendicularmente a la dirección principal del viento que sirven para reducir la velocidad del viento en la zona cercana al suelo y desviar las corrientes de aire

### 6.19.3.- *BENEFICIOS*

Los beneficios que se obtienen al establecer cortinas rompevientos pueden agrupados en *tres tipos*:

#### 6.19.3.1.- *Reducción de la velocidad del viento*

Esto se logra por el obstáculo que presenta la cortina de árboles al flujo del viento, la reducción de la velocidad es máxima en la zona inmediata a la cortina y aumenta a medida que se aleja de esta protección.

Según la FAO (1961), los porcentajes de reducción de la velocidad para cortinas protectoras de árboles de tipo medio, con vientos que soplen perpendicularmente a la barrera, son de 60 - 80% en la parte más cercana a sotavento de ésta y de 20% a distancias equivalentes a 20 veces la altura de la misma; mientras que la reducción es nula a una distancia a sotavento (zona de protección de la cortina) equivalente a 30 - 40 veces la altura de la barrera.

La reducción máxima de la velocidad del viento, se obtiene en el área de protección equivalente a cuatro veces la altura de la cortina.

La altura de la barrera constituye una unidad práctica de medida aplicada a la distancia en que el terreno queda protegido por ésta. Por ejemplo, si la distancia de protección es de 14 veces la altura y si esta última es de 6 metros, entonces la distancia real de protección será de 84 metros, si la barrera tiene una altura de 3 metros la distancia de protección será de 42 metros.

La velocidad mínima para iniciar el movimiento del suelo en casi todos los suelos erosionables está comprendida aproximadamente entre 19 y 24 km/hr.

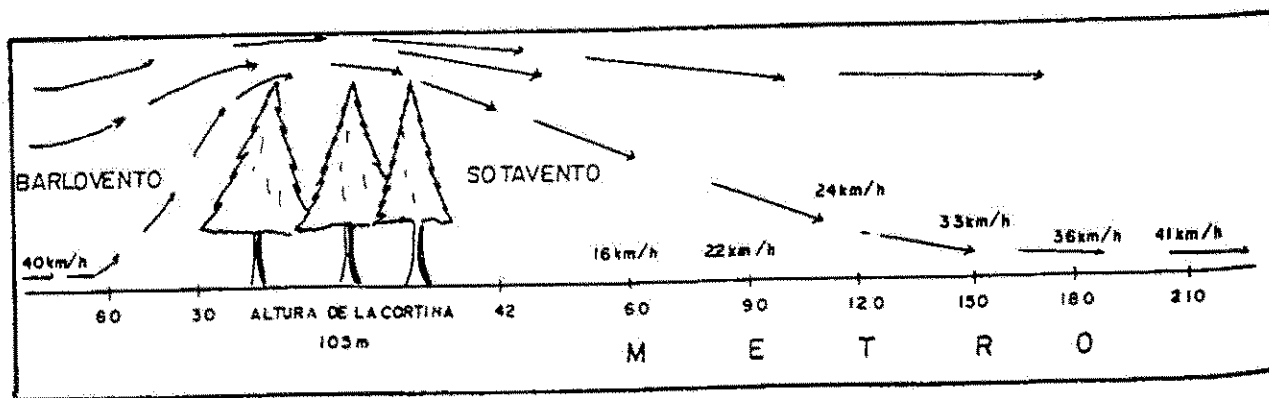
Una reducción del 50% en vientos de 30 km/hr será de 15 km/hr, eliminándose por completo su efecto erosivo, pero una reducción del 50% en vientos de 80 km/hr, supondrá una velocidad de 40 km/hr, la cual no basta para detener el acarreo de partículas por el viento.

En síntesis podemos concluir que la zona de protección de una barrera se reduce a medida que aumenta la velocidad del viento, por lo que se requerirá de un espaciamiento menor de las barreras utilizadas para combatir la erosión eólica.

#### 6.19.3.2.- Detención de la carga del material acarreado

Al disminuir la velocidad del viento en el área de influencia de la cortina, gran parte del material transportado por el viento se depositará al no existir la energía necesaria para mantener en movimiento las partículas del suelo.

Hemos dicho anteriormente que la capacidad de carga de una corriente de aire es proporcional a su velocidad; el volumen de suelo en suspensión o movimiento, disminuye en forma proporcional con la velocidad; tal y como se muestra en el siguiente diagrama (Tomado de Foster, 1976)



#### 6.19.3.3.- Protección del suelo de la acción erosiva del viento

Si se reduce la velocidad del viento por un lado y también se disminuye el volumen del suelo en movimiento, entonces las cortinas rompevientos constituyen una práctica muy eficaz en la reducción del potencial erosivo de las corrientes de aire, ya que ambos aspectos son los principales causantes de la erosión eólica.

## 6.19.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En cuadro que se presenta a continuación se resumen algunas ventajas y desventajas que presentan las Cortinas Rompevientos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>. Intercepción de los vientos fuertes reduciendo su velocidad</li><li>. Disminución de la erosión eólica</li><li>. Mejoramiento del microclima mediante la modificación de la temperatura y aumento de la humedad del aire y el suelo</li><li>. Protección a los cultivos de daños mecánicos</li><li>. Proporcionan sombra al ganado</li><li>. Diversificación de la producción (leña, madera, forraje, fruto)</li><li>. Embellecen el paisaje</li><li>. Sirven de atracción y sostenimiento de insectos benéficos por su néctar y polen</li><li>. Sirven de refugio para las aves y animales</li><li>. Disminución de las tolvaneras</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>. Pérdida del terreno cultivable por el área ocupada por los árboles</li><li>. Reducción de la producción agrícola por efecto de sombra y competencia de nutrientes y agua en una franja de 8 - 10 metros</li><li>. Dificultad en la preparación mecánica del suelo y la fumigación aérea en suelos eminentemente agrícolas</li><li>. Posibilidad de servir como refugio a las plagas</li><li>. Necesidad de más investigación, capacitación y planes de manejo</li></ul>

## 6.19.5.- DISEÑO

Las características que debe poseer un sistema de cortinas rompevientos para que funcione al máximo de su eficiencia son las siguientes:

## 6.19.5.1.- ALTURA

Entre mayor sea la altura alcanzada por la cortina, mayor será el área protegida en sotavento y mayor el espaciamiento entre las cortinas, lo cual resulta eficiente control de la erosión eólica.

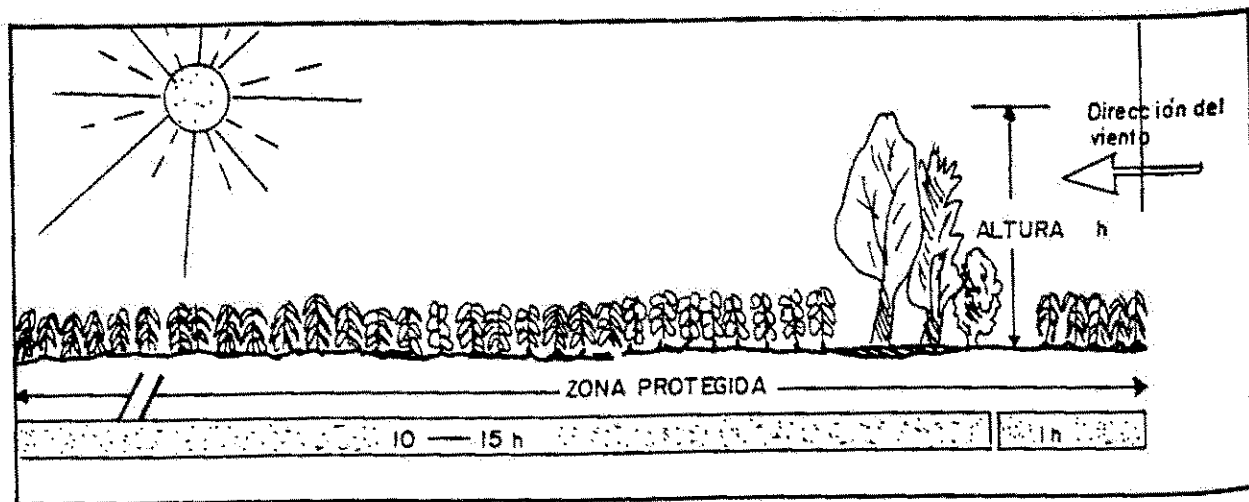
Generalmente en zonas planas se toma como criterio al diseñar un sistema de cortinas, una reducción del 20% de la velocidad del viento; con ello la zona protegida se extenderá sobre una distancia igual a una vez la altura de la cortina del lado al viento y a 10 a 15 veces del lado de sotavento.

Por ejemplo si en un determinado sitio una especie utilizada como cortina rompeviento crece 15 metros de altura, el espaciamiento recomendado entre cortinas será de 225 metros.

La altura de la cortina dependerá de la especie seleccionada como estrato superior.

En zonas de ladera, se considera como norma general que el espaciamiento sea 7 veces la altura de la especie.

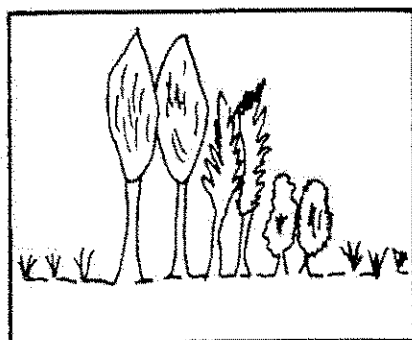
La siguiente figura nos muestra la distancia de protección efectiva generada por una Cortina Rompeviento, a mayor altura de la cortina mayor será la superficie protegida



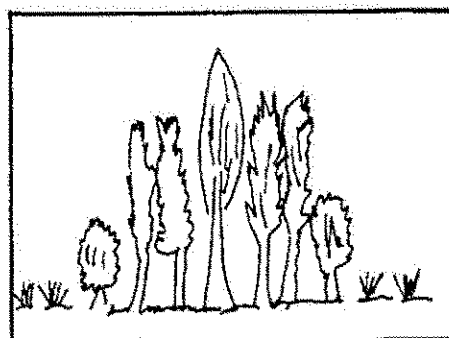
## 6.19.5.2.- FORMA

Al diseñar una cortina rompeviento debemos *procurar una formación de 4 a 10 hileras de plantas, para lo ello debemos utilizar árboles y arbustos plantados de tal forma que permitan un perfil trapezoidal en el cual los extremos estén constituidos por arbustos y la parte central por árboles de mayor tamaño.*

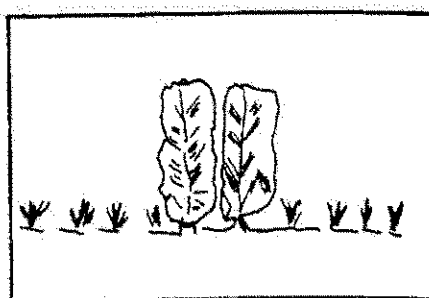
Existen varias *formas de Cortinas*, tal y como se puede apreciar en las siguientes figuras que muestran la sección transversal de las mismas



TRIANGULO  
RECTANGULO MULTIESTRATO



TRIANGULO ISOCELES  
MULTIESTRATO



VERTICAL  
MONOESTRATO

Si económicamente es posible se deben utilizar sistemas multiestratos porque procuran una mayor deflección del viento, lográndose una mejor producción.

Cuando no es posible establecer esta forma de sistemas, se debe buscar una especie con buen desarrollo foliar desde los primeros metros a partir del suelo y establecer varias hileras.

Se pueden sembrar hileras sencillas de gramíneas altas como cortinas, lo cual es ventajoso porque contribuye a proteger el cultivo siempre y cuando la distancia entre cortinas se calcule en función de la altura promedio de esta. En este caso se recomienda el uso de 3 hileras de gramínea; sin embargo debido a la conformación de la cortina, no se puede esperar una eficiencia tan grande como la alcanzada con las cortinas multiestratos.

#### 6.19.5.3.- PERMEABILIDAD

Una cortina debe ser permeable o porosa, es decir que debe dejar pasar cierto porcentaje del flujo del viento.

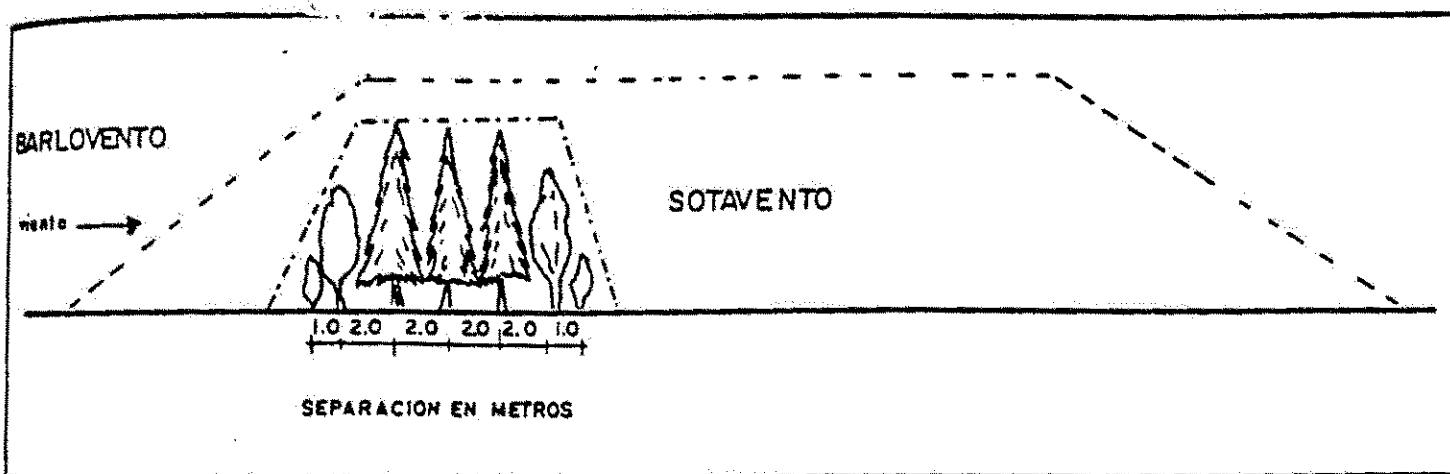
De lo contrario si es impermeable o compacta, la cortina constituirá un obstáculo absoluto para el viento, lo cual producirá turbulencias fuertes después de pasar arriba de la misma y provocar daños graves, hasta una distancia equivalente a 2 veces su altura. Para evitar esto, hay que evitar los espaciamientos entre plantas que permitan infiltraciones de aire que permitan la formación corrientes turbulentas.

Una cortina permeable reduce la velocidad del viento sin que se formen turbulencias. La permeabilidad adecuada en una cortina es del 50%.

La separación entre hileras y entre plantas dependerá del desarrollo vegetativo de las especies utilizadas y de la porosidad que se desee. Las separaciones más usuales para cortinas son de 1 a 2 metros entre arbustos y de 2 a 3 metros entre árboles.



La figura que se presenta a continuación nos muestra la formación correcta y la zona de protección de una Cortina Rompeviento (Salmerón, 1966)



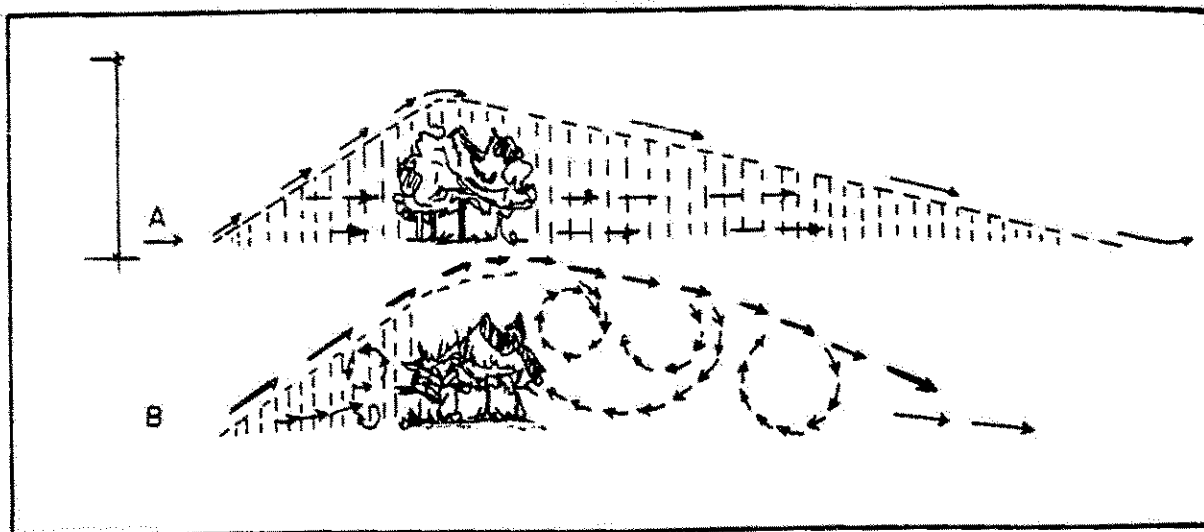
#### 6.19.5.4.- ANCHO

Un cortaviento debe ser continuo; de no ser así, el viento se introducirá por las fisuras alcanzando velocidades mayores que en ausencia de una cortina.

Si la cortina es de una sola hilera, se corre mayor riesgo de que se formen fisuras que en el caso de una cortina compuesta de varias hileras; por ello se recomienda establecer cortinas compuestas, cuyo ancho varié de 4 a 15 metros.

Para tener máxima protección, la cortina debe ser de ancho 11 veces la altura de los árboles maduros ó 17 metros más de ancho de cada lado que el área que queremos proteger.

Lo antes expuesto se puede apreciar en la figura que se presenta a continuación



#### 6.19.6.- ESPECIES

##### 6.19.6.1.- CARACTERISTICAS

La selección adecuada de las especies que se utilicen como cortinas rompevientos de acuerdo a las *condiciones del sitio donde se deseen establecer, constituye la base fundamental para el desarrollo de un buen programa de cortavientos.*

Las especies que se utilicen como cortinas rompevientos deben reunir una serie de requisitos y características deseables para poder cumplir eficientemente con sus objetivos. Estas *características* son las siguientes:

- . Resistente a la sequia
- . Poseer un sistema radicular vigoroso de desarrollo vertical y horizontal, de manera que se aproveche al máximo la humedad del suelo
- . Se adapte al clima de la zona
- . De crecimiento rápido y morfológicamente uniforme (troncos rectos, vigorosos y longevos)

- . De fácil propagación
- . Tener gran densidad de copas
- . Producir madera, leña, frutos, postes, forraje y otros productos de valor
- . Conservar por lo menos, parte del follaje todo el año (especies perennifolias o con follaje verde permanente)
- . Resistente a los vientos fuertes
- . De fácil manejo
- . De preferencia utilizar en las alineaciones exteriores de la cortina, especies no apetecibles por el ganado, o espinosas que restrinjan el ramoneo
- . Tolerantes al ataque de plagas, enfermedades y a sequía prolongada

#### 6.19.6.2.- CLASIFICACION

Las especies que se utilicen para constituir una cortina rompivientos, de acuerdo a su función particular, se pueden clasificar en tres tipos.

##### 6.19.6.2.1.- PRINCIPALES

Son las especies que proporcionarán la altura efectiva de la cortina, son las de mayor porte.

##### 6.19.6.2.2.- SECUNDARIAS

Estas especies se deben colocar a los lados de las principales y son de menor altura.

##### 6.19.6.2.3.- ACCESORIAS

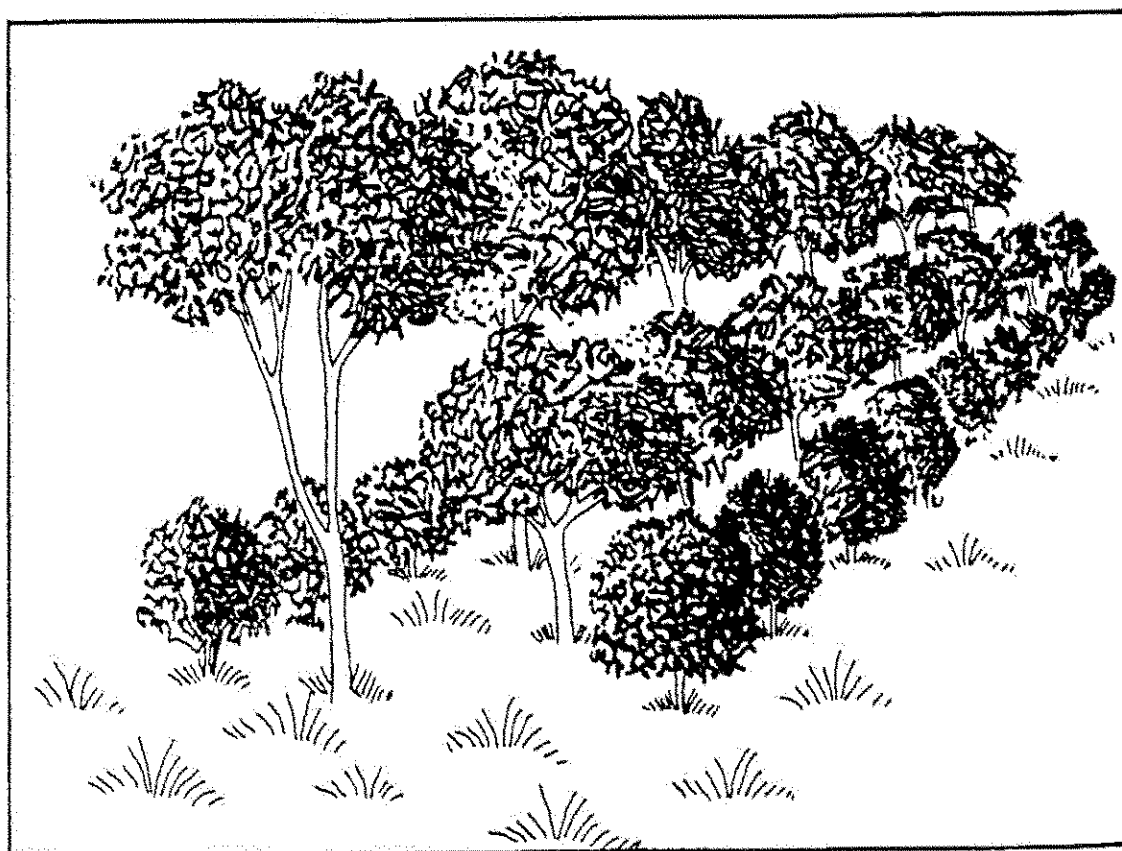
Son especies arbustivas o matorrales que se establecen en los bordes y entre las filas de las especies secundarias, con la finalidad de disminuir la porosidad y evitar infiltraciones de aire.

Para lograr una adecuada selección de las especies, es indispensable considerar las condiciones climáticas y edáficas del área donde se deseen establecer, para poder lograr un buen desarrollo de éstas.

Las cortinas deben estar conformadas por más de una hilera de árboles, en un arreglo en que además de la hilera de árboles altos y frondosos tiene que existir por lo menos otra hilera de árboles o arbustos bajos que impidan el paso del viento por entre los troncos de los árboles bajos.

Si se desea obtener una mayor eficiencia de la cortina, los árboles deberán tener el siguiente arreglo; las hileras exteriores o auxiliares deberán ser de especies de porte bajo (pueden ser arbustos), la hilera intermedia una especie de porte mediano y la hilera central una especie de porte alto y crecimiento rápido.

En la siguiente figura se muestra una Cortina Rompeviento de cuatro hileras



La disposición mostrada en la figura anterior permite proteger una distancia de 10 o más veces la altura de la hilera más alta, que puede ser de 10 metros.

En el caso de utilizar dos hileras en la cortina, se tiene que combinar una especie alta y frondosa con una de mediana altura y frondosa, esta última enfrentando al viento, sembradas a tres bolillos. Lo cual correspondería solamente a las dos hileras centrales presentadas en la figura anterior.

En el siguiente cuadro se resumen los nombres de algunas especies utilizadas como Cortinas Rompevientos en nuestro país

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Eucalipto	<u>Eucalyptus camaldulensis</u>
	<u>Eucalyptus urophylla</u>
Leucaena	<u>Leucaena leucocephala</u>
Sardinillo	<u>Tecoma stans</u>
Neem	<u>Azadirachta indica</u>
Marañón	<u>Moringa oleifera</u>
Casia Amarilla	<u>Anacardium occidentale</u>
Mango	<u>Cassia siamea</u>
Tamarindo	<u>Mangifera indica</u>
Caoba	<u>Tamarindus indica</u>
Laurel	<u>Swetenia humilis</u>
	<u>Ficus indica</u>
	<u>Ficus benjamina</u>

## 6.19.7.- TIPOS DE CORTINAS

De acuerdo al *objetivo de producción*, las cortinas rompevientos se pueden clasificar de la siguiente manera:

## 6.19.7.1.- CORTINAS PARA LA PRODUCCION DE LEÑA

Estas cortinas están *constituidas por especies de rápido crecimiento y productoras de leña*; para ello se deben establecer *tres hileras centrales de Eucalipto (árbol de porte alto) y 2 hileras laterales que pueden ser de Leucaena, Sardinillo o Casia*. Estas deben plantarse a tres bolillos a una distancia de 2 a 2.5 metros entre plantas.

## 6.19.7.2.- CORTINAS ROMPEVIENTOS CON FRUTALES

Este tipo de cortinas esta *constituida por la combinación de especies productoras de leña (Eucalipto, Leucaena, Casia y Sardinillo) y especies productoras de frutos (Mango, Neem)*.

Estas pueden *establecerse de tres maneras*:

Establecer 4 hileras laterales de Leucaena y 1 hilera central de Mango criollo; en la hilera de mango las plantas se deben colocar a una distancia de 6 metros entre plantas y en las hileras de especies para la leña el espaciamiento entre plantas será 2 a 2.5 metros, el método de siembra a utilizar es a tres bolillos

Establecer una 1 hilera lateral de Leucaena y 2 hileras centrales de Eucalipto y 1 hilera lateral de mango injertado. El establecimiento es similar al anterior

Establecer 2 hileras centrales de Eucalipto, 1 hilera lateral de Leucaena y otra hilera lateral de Neem. La distancia que se debe utilizar para las plantas de Neem es de 3.5 - 4 metros; en las hileras de Eucalipto y Leucaena las plantas se deben establecer a una distancia de 2 - 2.5 metros y a tres bolillos

### 6.19.7.3.- CORTINAS ROMPEVIENTOS CON ESPECIES MADERABLES

Este tipo de cortina es un subsistema de los mencionados anteriormente, en el cual se *sustituyen algunas plantas de Eucalipto por especies maderables hasta un 10 a 15%.*

### 6.19.8.- ESTABLECIMIENTO

Algunos de los *aspectos que se deben tener en cuenta cuando se desee establecer un sistema de cortinas rompevientos* son los siguientes:

#### 6.19.8.1.- PREPARACION DEL TERRENO

La preparación del terreno *dependerá del número de hileras con que contará la cortina.* Esta debe completarse como para cualquier cultivo. *La tierra debe ser labrada y estar limpia de malezas.*

Una preparación adecuada en todo lo ancho de la franja donde se establecerá la cortina favorecerá el crecimiento inicial de los arbolitos.

La preparación del terreno se puede realizar de dos manera, *utilizando maquinaria agrícola, con lo cual el trabajo adquiere mayores dimensiones o recurrir a la apertura de hoyos para establecer el cultivo forestal; los cuales tendrán una dimensión será de 30 centímetros de ancho por 40 centímetros de profundidad.*

Para obtener un alineamiento uniforme se recomienda ubicarse de norte a sur y trazar la línea utilizando estaquillas.

En suelos compactos es recomendable realizar subsoleo en el terreno.

#### 6.19.8.2.- ORIENTACION

Una cortina rompeviento debe ser establecida con orientación perpendicular a la dirección de los vientos predominantes en la estación seca, los que generalmente proceden del este; por ello las hileras de árboles deben quedar orientadas en dirección norte-sur.

Si los vientos fuertes se presentan en una sola dirección ó en direcciones opuestas, las cortinas pueden ser establecidas en franjas paralelas.

En cambio si los vientos provienen de varias direcciones es necesario establecer una red cuadrangular con las cortinas principales en dirección perpendicular al viento de mayor intensidad y las cortinas secundarias en forma perpendicular a las cortinas principales. Las cortinas secundarias deberán ser de menor dimensión y con un espaciamiento mayor entre ellas; éstas son necesarias ya que impiden que ciertos vientos se encañonen entre las cortinas principales y causen estragos en los cultivos.

#### 6.19.8.3.- PLANTACION

La época más apropiada para establecer la plantación es al inicio del período lluvioso.

El método más utilizado es el de plantas en bolsas de polietileno, porque favorece la sobrevivencia de los árboles y además permite un desarrollo radicular profundo, lo que se traduce en una mejor estabilidad de la cortina.

El procedimiento que se sigue para plantar consiste en quitar la bolsa, luego depositar abono orgánico en el fondo del hoyo, después rellenar el hoyo con tierra y por último apisonar suavemente la tierra para evitar la presencia de bolsas de aire en el hoyo.

No es aconsejable utilizar plantas que se hayan obtenido a través de estacas, dado que éstas tienden a desarrollar su sistema radicular en forma horizontal y como tal no son tolerantes a los vientos fuertes.

La distancia de plantación dependerá de los hábitos de crecimiento de las especies utilizadas, del tipo de mantenimiento, de la velocidad de los vientos y de los beneficios que se deseen obtener de ellas como por ejemplo leña, madera, postes, frutos.



Algunos distanciamientos usados son de 2 - 4 metros entre hileras y de 3 - 5 metros entre árboles en las hileras centrales y de 1 - 2 metros entre éstas y las hileras exteriores en el caso de que se utilicen.

A continuación se enumeran algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta para realizar la siembra de los árboles que constituirán una cortina rompevientos:

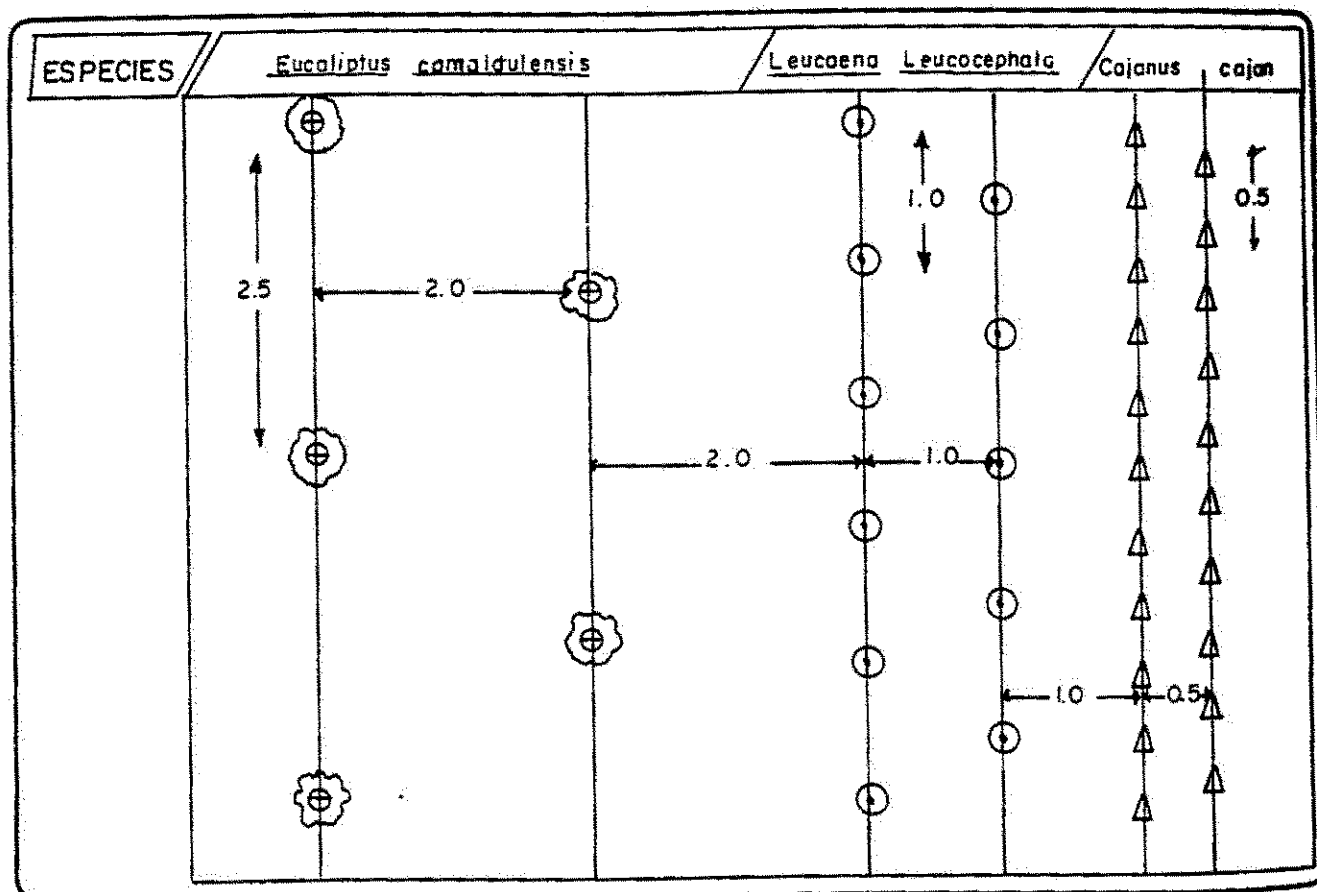
- La línea de siembra debe ser perpendicular al viento predominante. Hay más abrigo si el viento entra perpendicular a la línea.
- El efecto de la línea de árboles depende de su altura. Hay un efecto de abrigo de hasta 25 - 30 veces la altura de la cortina. Con más hileras, los árboles crecerán mejor, tendrán mayor altura y por esto tendrán un efecto de abrigo mayor; pero también ocuparán un mayor espacio en la finca.
- Las líneas deben ser lo más largas posible y sin interrupciones. Esto es muy importante, porque en general, con un redoblamiento de longitud de la cortina se obtendrá un efecto de abrigo cuatro veces mayor.
- La densidad debe ser la misma desde abajo hasta arriba. Por ejemplo, un hilera de árboles sin cobertura por abajo no tiene efecto como rompeviento.
- La distancia entre líneas debe ser de 20 - 25 veces la altura de la línea. Si se plantan a mayor espaciamiento no se desperdicia terreno, si se plantan más lejos se pierde el efecto de abrigo.

La distancia apropiada entre cada cortina estará en función de la altura de los árboles, la velocidad máxima de los vientos, del grado de resistencia del suelo y del cultivo.

El área de protección de una cortina es igual a 10, 15, o 20 veces la altura de esta. Esto nos indica de que si la especie de porte alto logra desarrollar hasta 20 metros de altura, el área de protección que brindará la cortina será de 400 metros, en el menor de los casos.

Por ejemplo las cortinas que se establecieron en el departamento de León en Nicaragua fueron diseñadas para una distancia de 400 metros entre cortinas, considerando que los árboles de Eucalipto, llegarían a crecer 20 metros de altura.

En la figura que se presenta a continuación se muestra un ejemplo de un arreglo de campo de una Cortina Multiestrato con 2 hileras de cada especie (Fuente: Neyra-Román, 1987)



La *siembra* de las especies utilizadas para el establecimiento de una cortina se debe efectuar a *tres bolillos* y *procurar lograr lo más rápidamente un efecto de cortina continua*.

Se recomienda establecer cortinas temporales de gramíneas o arbustos leguminosos que funcionen rápidamente como cortina y permitan el desarrollo de los arbolitos sembrados como cortina permanente; una vez establecida la cortina definitiva, las cortinas temporales se deben quitar.

## 6.19.9.- MANEJO

Algunas *consideraciones* que se deben de tomar en cuenta para el *buen manejo de una cortina rompeviento* se enumeran a continuación:

- . Efectuar un muestreo de supervivencia a los 30 días de establecidas las plantitas, lo que servirá de base para poder reponer las fallas que se observen durante el primer mes de establecida la cortina (replante), para evitar que se formen claros en la misma que permitan pasos al aire. Se recomienda un 100% de supervivencia para que no hayan huecos a lo largo de la franja forestal
- . Realizar limpiezas periódicas para eliminar las malezas y lograr un desarrollo inicial uniforme de los arbolitos, durante los primeros años
- . El control de malezas se puede lograr con 2 o 3 chapias en el ancho de la franja o realizando el caseo de un metro de ancho en contorno a cada árbol. Este tratamiento se recomienda efectuarlo en los 3 primeros años de edad
- . En el caso de tener una cortina con más de 2 hileras, se puede establecer la siembra de cultivos agrícolas a manera de Sistema Taungya, lo cual bajará los costos del control de malezas
- . En los árboles maderables de alto valor económico y en los frutales se recomienda realizar podas de formación o fructificación en las ramas inferiores, con el fin de mejorar la calidad de fuste y madera, además de la producción de frutos
- . Realizar la poda vertical de las raíces laterales superficiales de las especies de la cortina, para impedir que vayan a competir con el cultivo. Esto se puede realizar con un subsolador a 2 - 3 metros a cada lado de la cortina
- . Una vez establecida la cortina se pueden realizar podas, por ejemplo para controlar la altura, el ancho de la misma, o bien raleos restringidos para aprovechar la leña, postes, madera, forrajes, con ello se estará renovando la cortina y se asegurará el efectivo funcionamiento de la misma

No es recomendable realizar raleos o cortes selectivos en la cortina para que esta no pierda su función protectora, solamente en el caso de tener una cortina muy densa

A inicios de la estación seca, hay que prevenir la ocurrencia de incendios; para lo cual hay que erradicar todo material vegetal de fácil combustión en la línea corta fuego

La selección de rebrotes se realiza con el objetivo de dejar el número de ejes más convenientes, esta se hace entre los 5 y 6 meses después del corte y favoreciendo en primer lugar a los árboles que se encuentren en sentido de la dirección del viento

## 6.20.- MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS CON CONSERVACION DE SUELOS

### 6.20.1.- GENERALIDADES

Una plaga es una población de individuos que causan daños económicos a los cultivos al reducir los rendimientos y afectan a todos los agricultores.

Las consecuencias de los ataques de las plagas a los cultivos incluyen la disminución del consumo de alimentos; este efecto es importante en los sectores sociales de bajo ingreso y en los agricultores de subsistencia. La escasez crónica o aguda de ciertos productos agrícolas puede ocurrir debido a un ataque de plagas, por lo que se incrementan los precios como respuesta a esta escasez.

Se ha estimado que las pérdidas producidas por las plagas pueden ser reducidas en un 50% si se mejoran las tecnologías de control implementadas en áreas como Centroamérica (Smith, 1978).

El uso de plaguicidas químicos es el método más tradicional utilizado para el control de plagas en la agricultura, sin embargo las plagas siguen causando los mismos estragos, por lo que el uso de los mismos no es la solución absoluta para el control de estas.

El uso indiscriminado de productos químicos para controlar las plagas han ocasionado efectos negativos en el medio ambiente y en el hombre. Entre algunos de estos efectos podemos mencionar los siguientes:

- . Intoxicación de las personas que los aplican
- . Intoxicación de la población humana y animal que habitan cerca del sitio de aplicación
- . Contaminación de las agua y el suelo
- . Enfermedades cancerígenas en la población que consume alimentos con alto contenido de sustancias químicas residuales de los plaguicidas
- . Eliminación de los enemigos naturales de las plagas
- . Resistencia de las plagas a los productos aplicados
- . Rebrotos de plagas

Ante esta problemática es necesario implementar otros métodos para poder controlar las plagas en la agricultura y evitar daños ecológicos a los agroecosistemas, debido a esto surge el enfoque de Manejo Integrado de Plagas (MIP) o Control Integrado.

El MIP es un enfoque global, interdisciplinario que considera las condiciones ecológicas y socioeconómicas de un lugar como una unidad y tiene por objeto, conservar a largo plazo la productividad del agroecosistema.

La meta inmediata consiste en reducir las pérdidas producidas por la acción de organismos nocivos, aprovechando los factores naturales de limitación de sus poblaciones y aplicando técnicas de cultivo, biológicas y de fitomejoramiento idóneas.

El manejo biológico de las plagas en la finca como una alternativa de protección al agroecosistema y el uso de plaguicidas botánicos en sistemas de agricultura orgánica forman parte del manejo integrado de plagas que garantizan una agricultura sostenible en términos ecológicos, económicos y sociales.

## 6.20.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término *Manejo Integrado de Plagas*.

- . Manejo de los organismos dañinos, para lo cual se tendrán en cuenta todas las consecuencias ecológica, toxicológicas y económicas, dando preferencia a la implementación de medidas no químicas frente a la aplicación de plaguicidas químicos sintéticos
- . Sistema de manipulaciones de las plagas que en el contexto del ambiente relacionado y la dinámica de población de la especie dañina, utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de la manera más compatible posible y mantiene la población de la plaga a niveles inferiores a los que causarían daño económico (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 1967)
- . Sistema en el cual todas las técnicas disponibles son evaluadas y consideradas en un programa unificado para manejar poblaciones de plagas de tal manera que evita daño económico y se minimizan los efectos secundarios en el ambiente (Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS), 1978)
- . Concepto de control racional, basado en biología y ecología, trabajando junto con la naturaleza en vez de contra ella (MAG/FAO/PNUD, 1976)

## 6.20.3.- FORMAS DE CONTROLAR PLAGAS EN LA AGRICULTURA

El control de plagas en la agricultura se puede se puede realizar mediante la utilización de *diferentes métodos*, entre los que figuran:

- . *Uso de plaguicidas químicos; los cuales causan contaminación ambiental y daños a la salud humana.*
- . *Uso de jugos de plantas; estos se aplican sobre el cultivo, hay que usarlos cuidadosamente porque algunos pueden ser venenosos.*

Los jugos de las plantas ejercen su efecto en el control de plagas de la siguiente manera:

- . Repelentes de plagas
- . Atrayentes de enemigos naturales de plagas
- . Insecticidas
- . Efecto directo en el desarrollo de las plagas (mutaciones)
- . Efecto anti-alimentario de las plagas

Uso de trampas, estas pueden ser:

- . *Trampas amarillas*; dado que algunos insectos son atraídos por el color amarillo, esto puede ser aprovechado para controlarlos (por ejemplo la *Mosca Blanca*)
- . *Trampas de luz*; por ejemplo la *Gallina Ciega* y otros insectos son atraídos por la luz cuando salen por la noche y esta atracción puede ser utilizada para su control

*Asociación y Rotación de Cultivos*, estas son prácticas que desequilibran el ciclo de desarrollo de las plagas; asimismo existe una mezcla de olores de diferentes plantas que hace que las plagas se desorienten al no poder identificar el olor específico del cultivo de preferencia.

Conservación y prácticas de mejoramiento de suelo; las prácticas conservacionistas mejoran las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, esto permite al cultivo desarrollarse vigorosamente y presentar mayor resistencia a las plagas.

6.20.4.- *CONTROL BIOLOGICO*6.20.4.1.- *GENERALIDADES*

El control biológico es el control que se realiza entre dos seres vivos, donde uno actúa como controlador y el otro como controlado.

Para realizar el control biológico de plagas, es necesario conocer como viven los insectos, cuántas etapas de desarrollo pasan en su vida, en que etapa de su vida causan mayor daño o son más fáciles de controlar, que insectos son benéficos para protegerlos y usarlos como enemigos naturales de las plagas.

El uso de control biológico en la agricultura nos brinda los siguientes beneficios:

- . Utilización en el control de plagas
- . No se degrada el ambiente
- . No causa daño a las personas, animales y plantas
- . Ahorro de dinero por parte de los agricultores, ya que la mayoría de los controladores se encuentran en la finca
- . Obtención de productos agrícolas libre de sustancias químicas

6.20.4.2.- *TIPOS DE CONTROL BIOLOGICO*

Los tipos de control biológico pueden ser:

6.20.4.2.1.- *Control Biológico Nativo*

En el cual los enemigos naturales de las plagas realizan el control sin la intervención del hombre.

6.20.4.2.2.- *Control Biológico Manejado*

En el cual el hombre interviene para ayudar a los enemigos naturales, traer enemigos naturales de las plagas de otras regiones o países o utilizar enfermedades que controlen las plagas entre otros aspectos.



Los monocultivos son ambientes en los cuales es difícil inducir un control biológico eficiente, ya que no poseen los recursos adecuados para la actuación efectiva de los enemigos naturales y las prácticas culturales perturbantes a menudo utilizadas en ellos no lo permiten.

En cambio los sistemas de cultivo diversificado (policultivos) contienen ciertos recursos específicos para los enemigos naturales, ya están provistos de una diversidad de plantas y generalmente no son alterados con pesticidas; especialmente cuando son manejos por pequeños agricultores que no pueden utilizar tecnologías de alta inversión.

Al reemplazar los sistemas simples por sistemas diversos o agregar diversidad a los sistemas existentes, podemos ejercer cambios en la diversidad del hábitat lo que favorecerá la abundancia de enemigos naturales y su efectividad.

#### **6.20.5.- PLAGUICIDAS BOTANICOS**

##### **6.20.5.1.- GENERALIDADES**

Los plaguicidas botánicos son compuestos químicos que se encuentran en forma natural contenidos en las plantas y que tienen la capacidad de matar o repeler una plaga.

Una variedad de plantas, en forma de polvos o extractos están siendo utilizados por los agricultores en el control de plagas; las plantas contienen compuestos químicos o medios físicos que pueden servir como repelentes o provocarle la muerte a insectos, hongos, nematodos, moluscos, roedores y malezas.

El uso de plantas con propiedades plaguicidas presenta la ventaja ecológica de no contaminar el ambiente, debido a que la mayoría de ellas presentan poca persistencia en el aire, tierra y agua y son de rápida biodegradación. Además pueden ser utilizadas y manejadas de forma artesanal por los agricultores y ser adquiridas fácilmente por ellos; lo cual disminuye los costos de producción.

Los biotóxicos contenidos en las plantas pueden ser más efectivos que los productos químicos utilizados en el control de plagas debido a la combinación de sustancias químicas que estos presentan.

Es más difícil para los insectos desarrollar resistencia a una combinación de compuestos químicos derivados de plantas que a un solo compuesto. Además las plantas presentan moléculas químicas bastante complejas por lo que el desarrollo de resistencia se dificulta aún más.

#### 6.20.5.2.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El uso de productos botánicos para el control de plagas conlleva una serie de *ventajas*, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- . La mayoría de las plantas que pueden usarse como plaguicidas son fácilmente renovables, continuamente se puede disponer de ellas
- . Un alto porcentaje de los productos botánicos son biodegradables por lo tanto no contaminan el medio ambiente
- . Son una combinación de sustancias que tienen diferentes modos de acción sobre las plagas lo que reduce el riesgo de crear resistencia y la resurgencia de plagas secundarias
- . Muchas de las plantas usadas pueden encontrarse en lugares cercanos a los cultivos donde se necesita realizar el control de plagas
- . Cuando se utilizan plantas comunes de una región, en su forma natural, no se necesita incurrir en ningún gasto, lo que favorece los costos de producción
- . Tienen menos consecuencias negativas sobre las poblaciones de insectos benéficos

Algunas *desventajas* encontradas en el uso de productos naturales de origen botánico son las siguientes:

- . Aunque los plaguicidas botánicos son sustancias de origen natural, su toxicidad aguda o crónica no ha sido suficientemente estudiada por lo que se desconocen sus efectos negativos al humano. Algunas plantas si se usan en altas concentraciones, pueden causar daños en la piel o irritación en las membranas mucosas

La cantidad del ingrediente activo varia de acuerdo a las condiciones climáticas, edáficas y a la variabilidad genética de la especie utilizada

El procesamiento del material vegetal en muchos casos, requiere mayor uso de mano de obra, lo que puede aumentar los costos

Los productos botánicos en su forma natural son inestables al exponerlos a la luz y al aire

El agricultor puede tomar el uso de plantas como única solución en el control de plagas

Se requiere de un proceso de capacitación, ya que no todos los agricultores conocen de plantas plaguicidas y los métodos de extracción

#### **6.20.5.3.- MODOS DE ACCION**

*Las plantas tienen una variedad de compuestos químicos, por lo que pueden actuar de diferentes maneras sobre un organismo.*

Algunos de los modos de acción son los siguientes:

##### **6.20.5.3.1.- Repelentes**

*Los extractos o formulados botánicos alejan a la plaga por efecto del olor. Olores fuertes y desagradables no les gusta o engañan a la plaga al no identificar el olor del cultivo, por lo que se alejan del lugar.*

##### **6.20.5.3.2.- Antialimentario**

*Algunas plantas poseen compuestos químicos que inhiben la alimentación normal del insecto y como consecuencia alteran su ciclo biológico.*

La plaga puede llegar al cultivo y comer, pero los ingredientes activos de la planta afectan su sistema digestivo imposibilitándolo para continuar por lo que generalmente muere por inanición. Algunas veces el insecto solo prueba el cultivo, pero el sabor le desagrada y bota lo que ha ingerido.

#### 6.20.5.3.3.- *Insecticidas de contacto*

Para que un producto de acción por contacto sea efectivo, al aplicarlo debe tocar la plaga pudiendo causarle la muerte, ya sea por efecto abrasivo o que la sustancia entre al cuerpo del insecto a través de la piel causándole daños en las partes internas.

#### 6.20.5.3.4.- *Agentes morfogénicos*

Las sustancias vegetales ocasionan alteraciones en el desarrollo o fisiología de los huevos, larvas, pupas y adultos de los insectos.

#### 6.20.5.3.5.- *Sustancias atrayentes*

Es posible encontrar sustancias vegetales que por su olor o sabor atraigan a los insectos, estas plantas se usan como cebos y cultivos trampas, que se siembran alrededor o cerca de los cultivos que se quieren proteger de plagas. La plaga se queda en el cultivo trampa evitándose que llegue a dañar el cultivo de importancia.

#### 6.20.5.3.6.- *Inhibidores de crecimiento*

Para poder inhibir el crecimiento de un insecto el producto debe entrar al cuerpo ya sea por ingestión o contacto, dentro del insecto interferirá en la actividad de la ecdysona que es la hormona responsable de la muda, no completándose el proceso de muda en ellos, lo que les causa la muerte. Algunos productos también inhiben el crecimiento de esporas y micelios en hongos fitopatógenos.

#### 6.20.5.3.7.- *Efecto sistémico*

Algunos extractos botánicos actúan sistémicamente protegiendo las partes no desarrolladas de la planta después de aplicaciones al follaje o al suelo.

## 6.20.5.4.- USO DE PLAGUICIDAS BOTANICOS EN NICARAGUA

## CONTROL DE CHICHARRITA DEL MAIZ

PRODUCTOS	PROCEDIMIENTO	MOMENTO DE APLICACION	FORMA DE APLICACION
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 1 cabeza de cebolla</li> <li>. 1 cabeza de ajo</li> <li>. 1/2 libra de chile</li> <li>. 1/4 taco de jabón de lavar</li> </ul>	Herbirlo en un litro de agua. Se puede utilizar para una bombeada de 20 litros	25 -30 DDG	Con bomba de mochila dirigida al follaje

## CONTROL DE CHICHIMECO O SALTAMONTE EN EL MAIZ Y FRIJOL

PRODUCTOS	PROCEDIMIENTO	MOMENTO DE APLICACION	FORMA DE APLICACION
<ul style="list-style-type: none"> <li>. 1 libra de hoja de madero negro</li> <li>. 25 chiles machacados</li> <li>. 1 puro hervido en un litro de agua</li> <li>. 1/2 libra de sal</li> <li>. 1/4 taco de jabón de lavar</li> </ul>	Mezclarlos, colocarlos para una bomba de 20 litros	A la floración, al momento de observarse los daños	Con bomba de mochila dirigida al follaje, flores y frutos

## CONTROL DE CHINCHES, MAYA, MOSCA BLANCA Y LANGOSTA EN TOMATE

PRODUCTOS	PROCEDIMIENTO	MOMENTO DE APLICACION	FORMA DE APLICACION
<ul style="list-style-type: none"><li>. 1 cabeza de ajo</li><li>. 1 cabeza de cebolla</li><li>. 1/2 libra de chile</li><li>. 1 onza de aceite</li></ul>	Los productos se machacan y se revuelven en un litro de agua, esto se cuela y ajusta para una bombada	En la floración y formación de frutos, al momento de observar los daños	Con bomba de mochila dirigida a las flores y fruto

## CONTROL DE MOSCA BLANCA Y MAYA EN CULTIVOS DE TOMATE Y CHILTOMA

PRODUCTOS	PROCEDIMIENTO	MOMENTO DE APLICACION	FORMA DE APLICACION
<ul style="list-style-type: none"><li>. 2 cabezas de ajo</li><li>. 4 cucharadas de aceite</li><li>. 1/4 taco de jabón de lavar</li></ul>	Los ingredientes se machacan y se revuelven en un litro de agua, se cuela y se ajusta para una bombada	A la floración y formación de frutos	Con bomba de mochila dirigida al follaje, flores y frutos

PRODUCTO	DOSIS	CULTIVO	PROCEDIMIENTO	FORMA DE APLICAR	PLAGA
Murupa de perro	2 libras de hoja	Frijol Maiz	2 libras de hoja solida en 2 litros de agua	1 bombada de 10 litros	Tortuguilla Mosca Blanca Maya
Leche de vaca	2 litros de leche, 2 litros de suero	Mesclada y virgeis en frijol	Se mezclan los dos tipos de leche	1 beaba de 20 litros se aplica por la mañana	Mosca Blanca
Canavalia	3 libras de hoja	Frijol	Se suela y se fermenta por 3 días	Se aplica en tronera despide un olor fétido	Zompopo
Orines fermentados				Se aplica en tronera	Zompopo
Jalisco	2 libras de hoja	Frijol	La hoja se seca, se pica y se fermenta por 2 días	2 libras de hoja por bombada	Zompopo
Zorrillo	1 libra de raiz	Maiz	1 libra de raiz solida	1 libra de raiz solida por bombada de 20 litros	Tortuguilla Maya Cogollero
Eucalipto	1 libra de hoja	Repollo	Se suela y se disuelve	1 libra de hoja por bombada de 20 litros	Buena Barranillo Mosca Blanca
San Diego	2 libras de hoja	Repollo	Se suela a piedra, se disuelve en agua y se cuele	2 libras de hoja solida por bombada de 10 litros	Mosca Blanca

PRODUCTO	DOSIS	CULTIVO	PROCEDIMIENTO	FORMA DE APLICAR	PLAGA
Zorrillo	2 libras de raiz	Maiz Arroz Hortalizas	En un bidón de agua se coce y se le añaden 10 libras de raiz, se pone a fermentar por 3 días	En tronera	Zompopo
Mesa	2 libras de semilla	Maiz Sorgo	Se suelan 2 libras de semilla + 3 libras de estiércol	En forma granular	Cogollero
Mesa + gas o kerosene	2 libras de semilla 1/4 litro	Maiz Sorgo	Se mezcla con un litro de miel de caña o de abeja	1 beaba por manzana	Mosca Blanca
Jicaro Sabanero			Se pone la buñiga a madurar y se aplica	En forma granular	Ratones a los 3 días suenan

PRODUCTO	DOSES	CULTIVO	PROCEDIMIENTO	FORMA DE APLICAR	PLAGA
Madero Negro	2 libras de hoja	Algodón Ajonjolí	Se hierve un litro de agua para una bombada de 20 litros	Una bombada por manzana	Chinche Belotera
Ajo + Cebolla + Chile	10 cabezas 1/2 litro de agua	Maíz Algodón		Una bombada por manzana cada 6 días	Medidor Picuda Chinche
Estiércol de res + orín		Algodón	Se mezcla	Una bombada por manzana cada 5 días	Fallar
Agua de azúcar + arena	2 libras	Maíz			Cogellero
Mesa + Ajo + Chile + Cebolla	2 libras de hoja 1 cabeza 1 libra de chile 1 libra de cebolla	Chilotea Tomate	Se suela y se hace una pasta	Se disuelve en una bombada de agua por manzana	Cogellero
Huano		Maíz		A las 6 AM y a las 6 PM	Para todo tipo

PRODUCTO	DOSES	CULTIVO	PLAGA
Chile fermentada	1 libra por manzana	Maíz Sorgo	Cogellero Medidor
Chile-Madero Negro	1/2 libra por manzana	Hortalizas	Chupadores
Zorrillo	2 raíces por manzana por 50 libras de agua	Granos Básicos	Plagas de suelo
Mesa-Hojas verdes	3 bidones de hoja por manzana	Maíz Sorgo	Cogellero Medidor Chupadores
Mesa-Torta jabón líquido	2.5 onza/1 lt de agua 100 cc/20 lt de agua	Hortalizas	Chupadores
Tespate, semilla	100 semillas por manzana solida fermentada por 2 días	Algodón	Chupadores
Jalisco, hojas	3 libras por manzana solida	Ajonjolí	Maya Chicharrilla Chinche
Ajo, vinagre blanco	10 cabezas 1/4 litro	Hortalizas Almácigo	Enfermedades fungosas
Zorrillo	2 libras por manzana	General	Isopos
Cebolla + Ajo	2 libras por manzana	Hortalizas	Chupadores Masticadores



Producto	Cultivos	Plaga que controla
Miel de caña, abeja	Hortalizas	Mosca Blanca
Jicara cabanero	Arroz	Ratones
Murugo de perro	Frijol	Tortuguilla
Leche de vaca clara	Tomate	Mosca Blanca
Cannavalia	Frijol, Hortalizas	Zozopo
Eucalipto	Repello	Barrenillo Mosca Blanca
San diego	Frijol	Mosca Blanca Maya Cogollero
Hoja sadreada, chile	Maiz	Chicharrita
Cebolla, ajo	Maiz, Frijol	Saltaente
Madreado, chile puro	Frijol	Mosca Blanca Maya Pulgón
Cebolla, ajo, chile	Tomate, Ajonjolí	Chinche, Maya Mosca Blanca Langosta
Ajo, aceite, jabón	Tomate, Chiltepe	Mosca Blanca Maya
Mesa	Algodón	Spodoptera
Tespato	Algodón	Chupadores Masticadores
Manzanilla + sadreado	Hortalizas	Mosca Blanca
Ajo + vinagre	Hortalizas	Enfermedades Fungosas
Chile, aceite + jabón	Hortalizas	Barrenillo
Zorrillo	Maiz, Arroz, Hortalizas	Zozopo

## 6.21.- PRACTICAS MECANICAS

### 6.21.1.- GENERALIDADES

La escorrentía o agua de escurrimiento, es aquella porción de las lluvias que no penetra en el perfil del suelo, que fluye hacia los ríos en forma de corriente superficial y que causa erosión hídrica a los suelos.

Al planificar obras de defensa de suelos, es necesario diseñar estructuras que encaucen debidamente el agua de escorrentía a velocidades no erosivas hacia lugares debidamente protegidos de vegetación.

## 6.21.- PRACTICAS MECANICAS

### 6.21.1.- GENERALIDADES

La *escorrentía* o *agua de escurrimiento*, es aquella *porción* de las *lluvias* que no *penetra* en el *perfil* del *suelo*, que *fluye* hacia los *ríos* en forma de *corriente superficial* y que *causa* *erosión hídrica* a los *suelos*.

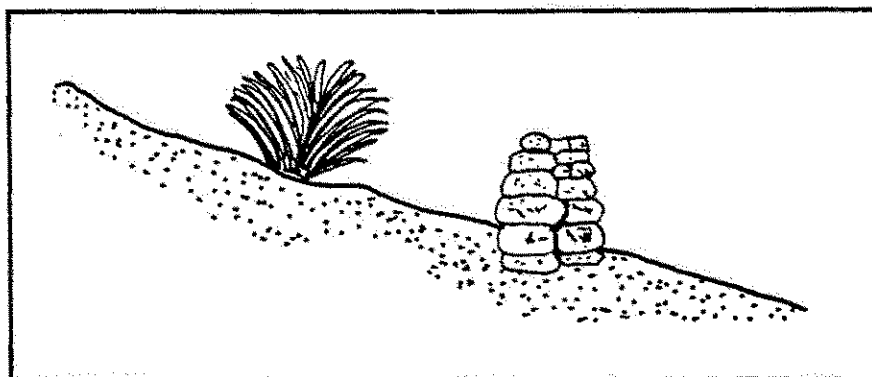
Al *planificar* *obras* de *defensa* de *suelos*, es necesario *diseñar* *estructuras* que *encaucen* debidamente el *agua* de *escorrentía* a *velocidades* no *erosivas* hacia *lugares* debidamente *protegidos* de *vegetación*.

El *grupo* de *prácticas conservacionistas* de *tipo mecánico* comprende todos aquellos *trabajos* de *conservación* de *suelos* que son de *naturaleza física* tales como la *construcción* de *canales*, *terrazas*, *acequias* de *ladera*, *bordos* de *contención*, etc., para *realizar* todos estos *trabajos* es *básico* *realizar* un *buen levantamiento altimétrico* del *terreno* donde se *establecerán* dichas *obras*.

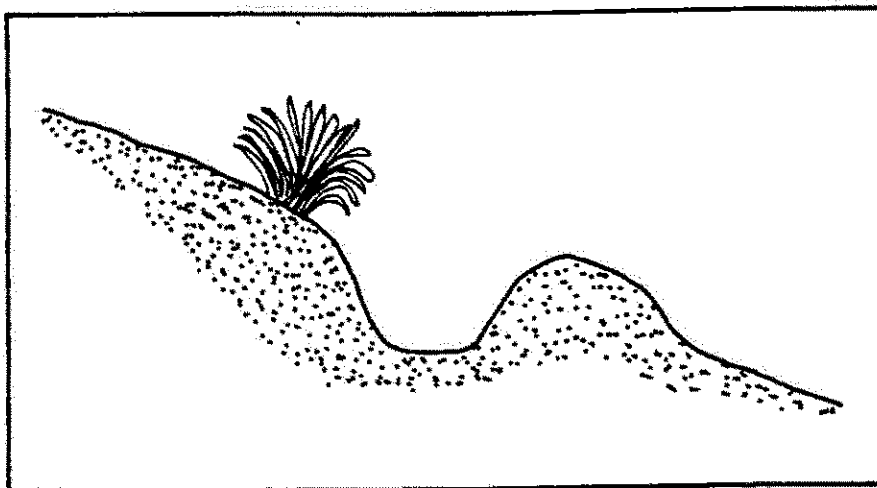
Hay que *tener* en *cuenta* que la *principal función* de estas *estructuras* la *desempeñarán* en aquellos *cortos períodos* en que *ocurran* *aguaceros intensos*, por lo que estas *deben* de *ser* *capases* de *transportar* convenientemente las *escorrentías máximas* que *puedan* *presentarse* durante el *tiempo* en que *estén* en *servicio*.

En las *siguientes figuras* se *muestran* las *tres principales* *clases* de *Obras Físicas* utilizadas para la *Conservación* de *Suelos* y *agua* en *Terrenos* de *Ladera*

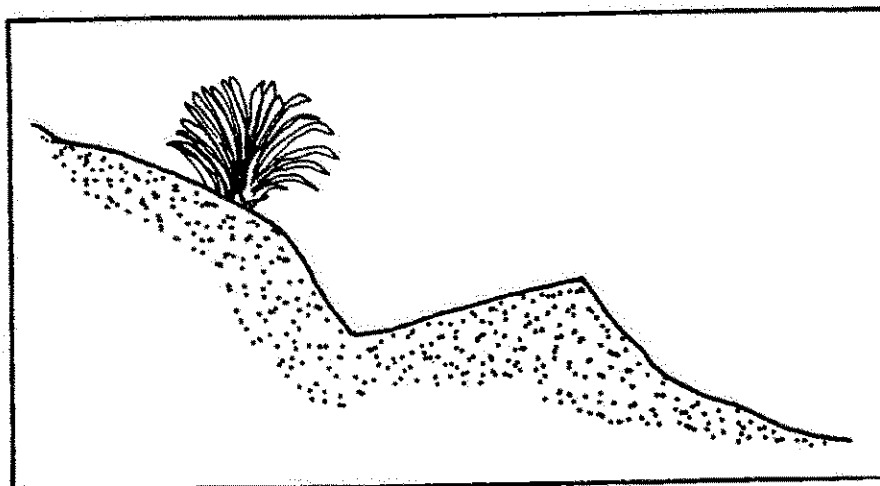
#### BARRERAS



*ZANJAS*



*TERRAZAS*



A continuación haremos una breve descripción de las principales prácticas mecánicas que se utilizan en la conservación de suelos y agua.

### 6.21.2.- TERRAZAS

#### 6.21.2.1.- GENERALIDADES

Desde hace varios siglos los agricultores de diferentes regiones del mundo han recurrido a la construcción de canales, distribuidos a intervalos en el terreno, para cortar la escorrentía.

El principio de controlar la erosión del suelo interceptando el escurrimiento superficial del agua en laderas o en terrenos con declive ha llevado al uso de las Terrazas Agrícolas.

Cuando las terrazas están bien construidas y se aplican prácticas culturales, agronómicas y de labranza adecuadas, estas constituyen uno de los medios más efectivos para controlar la erosión; en caso contrario pueden acelerar en vez de retardar las pérdidas de suelo en los terrenos agrícolas.

Para que un sistema de terrazas sea efectivo, estas deben usarse en combinación con otras prácticas, tales como surcado al contorno, cultivos en fajas, rotación de cultivo y un manejo del suelo ajustado a su capacidad de uso; además se recomienda incluir cauces empastados, desagües subterráneos, drenes y estructuras que desvíen los excedentes que forma la escorrentía.

Las terrazas deben establecerse en terrenos de cultivo, sólo cuando el escurrimiento y la erosión no puedan controlarse con prácticas agroconservacionistas y no deben establecerse en tierras que no son aptas para cultivo, excepto en casos especiales como por ejemplo en terrenos sumamente degradados en los cuales pueden ayudar a que se establezca una cobertura vegetal permanente.

La utilización de estas estructuras no se justifica económicamente en tierras que pueden protegerse con métodos menos costosos; pero en los suelos erosionables, en terrenos de laderas y en regiones de precipitación abundante su establecimiento y construcción se justifica.

Estas estructuras sirven de guía para realizar las labores culturales en el terreno, deben complementarse con las mejores prácticas de cultivo posible, pues por sí solas no mejoran la fertilidad del suelo ni lo conservan adecuadamente.

Las terrazas deben interceptar el escurrimiento superficial antes de que alcance velocidades erosivas y conducirlo a velocidades no erosivas, desde el campo hasta cursos de agua estabilizados, donde no abran canales. Además estas deben tener canales con amplia capacidad para transportar el agua a velocidades no erosivas; de lo contrario, el suelo del canal será arrastrado con el agua de escurrimiento.

Para proyectar un buen sistema de terrazas es necesario realizar un estudio topográfico completo del área, de preferencia un levantamiento altimétrico en cuadrícula que debe incluir curvas a nivel, determinación de pendientes, localización de parteaguas, depresiones y cañadas naturales y la elaboración de un plan de drenaje superficial. Siempre que sea posible deben utilizarse los desagües naturales.

#### 6.21.2.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término **Terraza:**

- . Malecón de tierra, o una combinación de cauce y malecón, que se construye transversalmente a la pendiente de una ladera a intervalos fijos
- . Obras construidas a través de la pendiente, mediante el aplanamiento del terreno en franjas, de tal manera que la escorrentia superficial sea interceptada, se reduzca su velocidad (a límites no erosivos) y se disminuya la longitud de la pendiente
- . Terraplenes formados entre los bordos de tierra, o la combinación de bordos y canales, construidos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno
- . Terraplenes adaptados al suelo y la pendiente del terreno para el control del desagüe, cuyo objetivo es controlar el escurrimiento en áreas de precipitación pluvial elevada y la conservación del agua en zonas de lluvia escasa

6.21.2.3.- **BENEFICIOS**

Entre los beneficios que se obtienen cuando se implementa un sistema de terrazas en un terreno figuran los siguientes:

- . Reducen la erosión del suelo
- . Aumentan la infiltración del agua en el suelo, para que pueda ser utilizada por los cultivos
- . Disminuyen el volumen de escurrimiento que llega a las construcciones aguas abajo
- . Desalojan las excedencias de agua superficial a velocidades no erosivas
- . Reducen el contenido de sedimentos en las aguas de escorrentia
- . Mejoran la superficie de los terrenos, acondicionándola para las labores agrícolas

6.21.2.4.- **ADAPTABILIDAD**

La adaptabilidad de las terrazas en una determinada localidad depende de *varios factores, que se pueden presentar en forma aislada o conjunta*; estos factores son:

6.21.2.4.1.- **CLIMA**

Las terrazas se adaptan a condiciones variadas de clima, lo que difiere es el tipo de sistema a utilizar.

Existen terrazas que *almacenan el agua cuando la precipitación del área es menor de 750 milímetros anual y hay terrazas que desalojan los excesos de agua, cuando la precipitación es abundante y las condiciones del suelo lo requieren.*

## 6.21.2.4.2.- EROSION

Cuando las terrazas se utilizan para recuperar terrenos fuertemente erosionados su construcción es costosa, el mantenimiento es constante y las operaciones de labranza son, en general difíciles.

## 6.21.2.4.3.- TOPOGRAFIA

Al aumentar la pendiente del terreno, la construcción, el mantenimiento de las terrazas y las dificultades de laboreo incrementan los costos hasta tal punto, que en ocasiones estos gastos sobrepasan a los beneficios que pudieran obtenerse en un tiempo razonable.

Los rangos de pendiente donde ya no es recomendable utilizar las terrazas no se determina por alguna fórmula matemática, sino por aspectos sociales, económicos y técnicos que incluyen la facilidad de laboreo y las prácticas de conservación adicionales que se apliquen, los cuales deben analizarse cuidadosamente para el establecimiento y construcción de estas estructuras y considerar en todos los casos que este tipo de obras reducen la erosión de los suelos.

## 6.21.2.4.4.- PEDREGOSIDAD

Los suelos extremadamente pedregosos no permiten la construcción práctica y económica de las terrazas con maquinaria; sin embargo su construcción es factible en áreas donde exista disponibilidad de mano de obra y se satisfagan los aspectos antes mencionados.

## 6.21.2.4.5.- SUELOS

Las características del suelo determinarán el tipo de terraza y de desagüe que se debe utilizar, así como la profundidad de corte tolerable y el espaciamiento que debe existir entre estas.

Generalmente, cuando los suelos son profundos y permeables, se puede construir cualquier tipo de terraza, en cambio cuando los suelos son poco profundos e impermeables, es necesario establecer terrazas que tengan un gradiente que permita la salida de los excesos de agua hacia un cauce natural o artificial debidamente protegido.

#### 6.21.2.4.6.- DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA O MANO DE OBRA

La construcción de terrazas requiere de movimientos de tierra; por lo tanto es preciso tener en cuenta cuando se desee implementar este tipo de obra, la maquinaria o mano de obra existente en el área donde se deseen implementar.

#### 6.21.2.5.- PLANEAMIENTO Y DISEÑO

Todo sistema de terrazas exige de un planeamiento y diseño cuidadoso; al implementarlas debemos estar seguros de que estas obras son necesarias y examinar cuidadosamente las posibilidades que existan de proteger el terreno mediante la combinación de prácticas culturales y agronómicas.

Solamente cuando tengamos la seguridad de que es factible controlar la erosión mediante la aplicación de estas estructuras, debemos proceder a su diseño y construcción; no debemos olvidar que las prácticas de ingeniería son complementarias y que exigen mayor habilidad y esfuerzos por parte del agricultor y por otra parte su conservación y cuidado agregan una nueva operación a las labores normales realizadas en la finca.

Entre los factores que se deben tomar en cuenta al diseñar y construir un sistema de terrazas en un terreno figuran el declive del terreno, la tasa de precipitación y escurrimiento, las características del suelo, la cobertura vegetal, la labranza y prácticas de cultivo entre otros.

El problema es demasiado complejo y las variables poco definidas, si usamos información experimental y de campo sobre las terrazas de una región determinada podemos establecer especificaciones de norma estándar para poder diseñar terrazas en otras regiones de características similares.



Al proyectar un sistema de terrazas en un terreno es importante que consideremos los siguientes aspectos:

#### 6.21.2.5.1.- ESPACIAMIENTO

La distancia que existirá entre las terrazas se calcula de manera que la escorrentía que fluya sobre las porciones limitadas por ellas, no alcance velocidades erosivas.

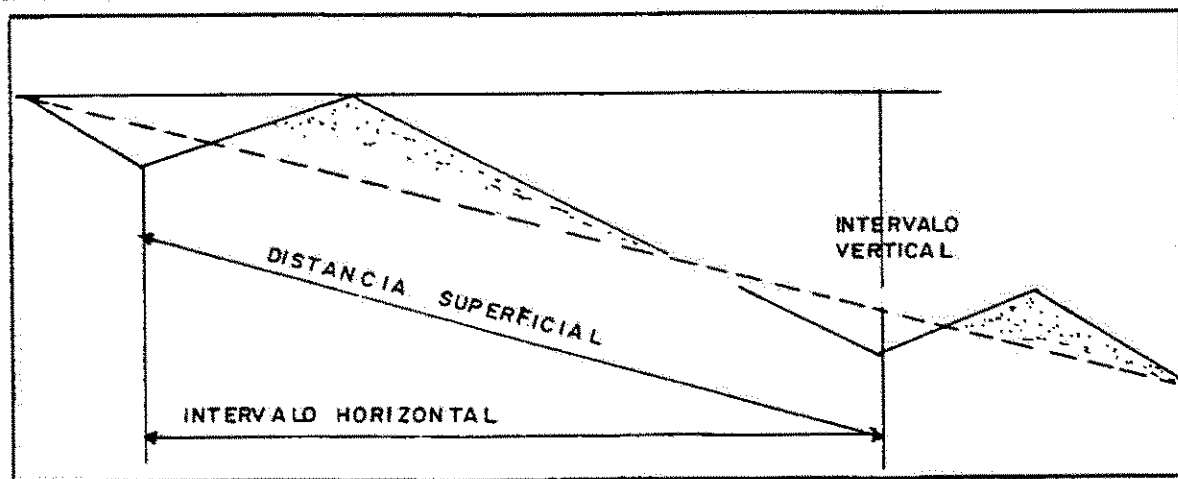
El espaciamiento entre terrazas depende principalmente de la pendiente del terreno; sin embargo, también influye la precipitación pluvial, la sección transversal de la terraza, las condiciones del suelo y del cultivo, los implementos agrícolas que se van utilizar y el tamaño de las parcelas en el que se establecerán; este se expresa en términos de diferencia de nivel en metros, de dos terrazas sucesivas.

Cuanto mayor sea la separación entre las terrazas menor será el costo de construcción por lo que se recomienda tratar de acercar el espaciamiento al máximo posible en las condiciones más críticas de uso del terreno.

El espaciamiento entre dos terrazas se puede medir utilizando la diferencia de nivel entre ellas, esto se denomina Intervalo Vertical (IH) o considerando la distancia horizontal entre ellas que se conoce con el nombre de Intervalo Horizontal (IH).

Generalmente el IH se mide sobre el terreno (distancia superficial), sobre todo en pendientes pequeñas donde la diferencia entre las dos mediciones es despreciable. En pendientes fuertes si debe utilizarse el IH, ya que la distancia superficial puede provocar errores considerables.

La siguiente gráfica nos muestra las mediciones utilizadas para determinar el Espaciamiento entre Terrazas



A continuación se presentan algunas fórmulas que se pueden utilizar para determinar el espaciamiento entre terrazas.

De acuerdo al Manual de Conservación del Suelo y del Agua del Colegio de Postgraduados de Chapingo, México; se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$IV = \left( 2 + \frac{P}{364} \right) (0.305)$$

donde:

*IV : Intervalo Vertical (metro)*

*P : Pendiente del terreno (%)*

*3 : Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es menor de 1200 milímetros*

*4 : Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es mayor de 1200 milímetros*

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100$$

donde:

*IH : Intervalo Horizontal (metro)*

*IV : Intervalo Vertical (metro)*

*P : Pendiente (%)*

$$IV = a . p . + b$$

donde:

*IV* : Intervalo Vertical (metro)

*a* : Variable que esta en función de la intensidad de la precipitación, la que comúnmente varía de 0.06-0.24

*p* : Pendiente del terreno (%)

*b* : Variable que depende de la erodabilidad del suelo, de los métodos de cultivo y de sus prácticas de manejo

En el siguiente cuadro se presentan los valores del coeficiente "b" necesario para calcular el espaciamiento entre terrazas utilizando la fórmula presentada anteriormente (Tomado del Manual de Conservación del Suelo y del Agua del Colegio de Post-graduados de Chapingo, México, 1982)

Valor de "b"	Drenaje Interno del Suelo	Cubierta Vegetal en el período de lluvias intensas
0.30	Lento	Escasa
0.45	Rápido	Escasa
	Lento	Abundante
0.60	Rápido	Abundante

De acuerdo al Boletín de Suelos de la FAO, número 44 de 1986; el espaciamiento entre terrazas se puede determinar utilizando las siguientes fórmulas:

$$HD = \frac{200}{S} + 10$$

donde:

*HD* : Distancia Horizontal (metros)

*S* : Porcentaje de pendiente del terreno.

$$VI \text{ (cm)} = 10 \times S + 200$$

$$VI \text{ (mt)} = 2 + \frac{S}{10}$$

donde:

*VI* : Intervalo Vertical entre terrazas en centímetros ó metros

*S* : Porcentaje del pendiente del terreno

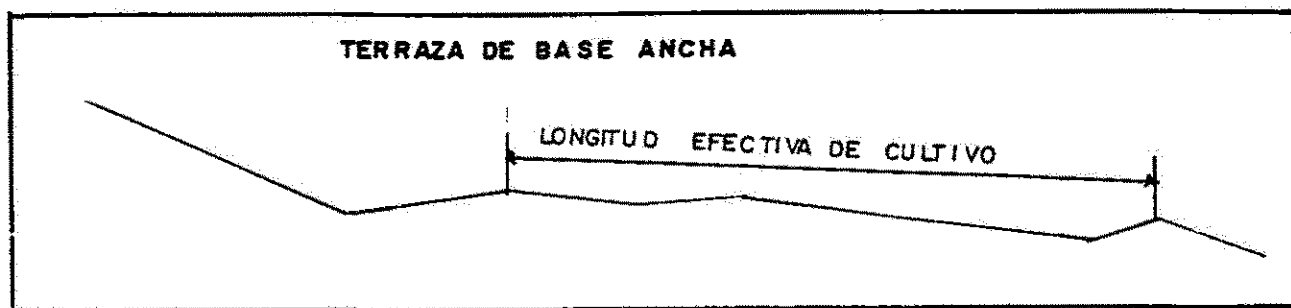
#### 6.21.2.5.2.- FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL

La sección transversal de una terraza debe diseñarse para ajustarla a la topografía del terreno, al uso de la maquinaria agrícola disponible y a los cultivos que se van a sembrar en el área donde se deseen implementar.

Las condiciones que debe llenar una sección transversal de cualquier terraza son las siguientes:

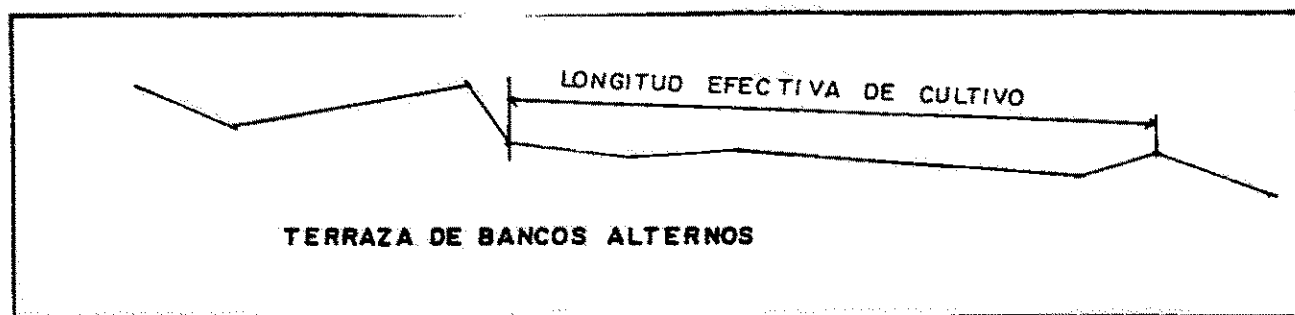
- . Gran capacidad del canal
- . Los lados del canal y del bordo deben ser suficientemente planos para permitir el uso de la maquinaria agrícola sin dañar la terraza y sin perjudicar las labores de labranza
- . Costo económico de construcción

La sección transversal de una terraza está formada de un bordo y de un canal; dicha sección consta de tres pendientes laterales conocidas como: pendiente de corte, pendiente frontal y contrapendiente, las cuales se muestran en la siguiente figura

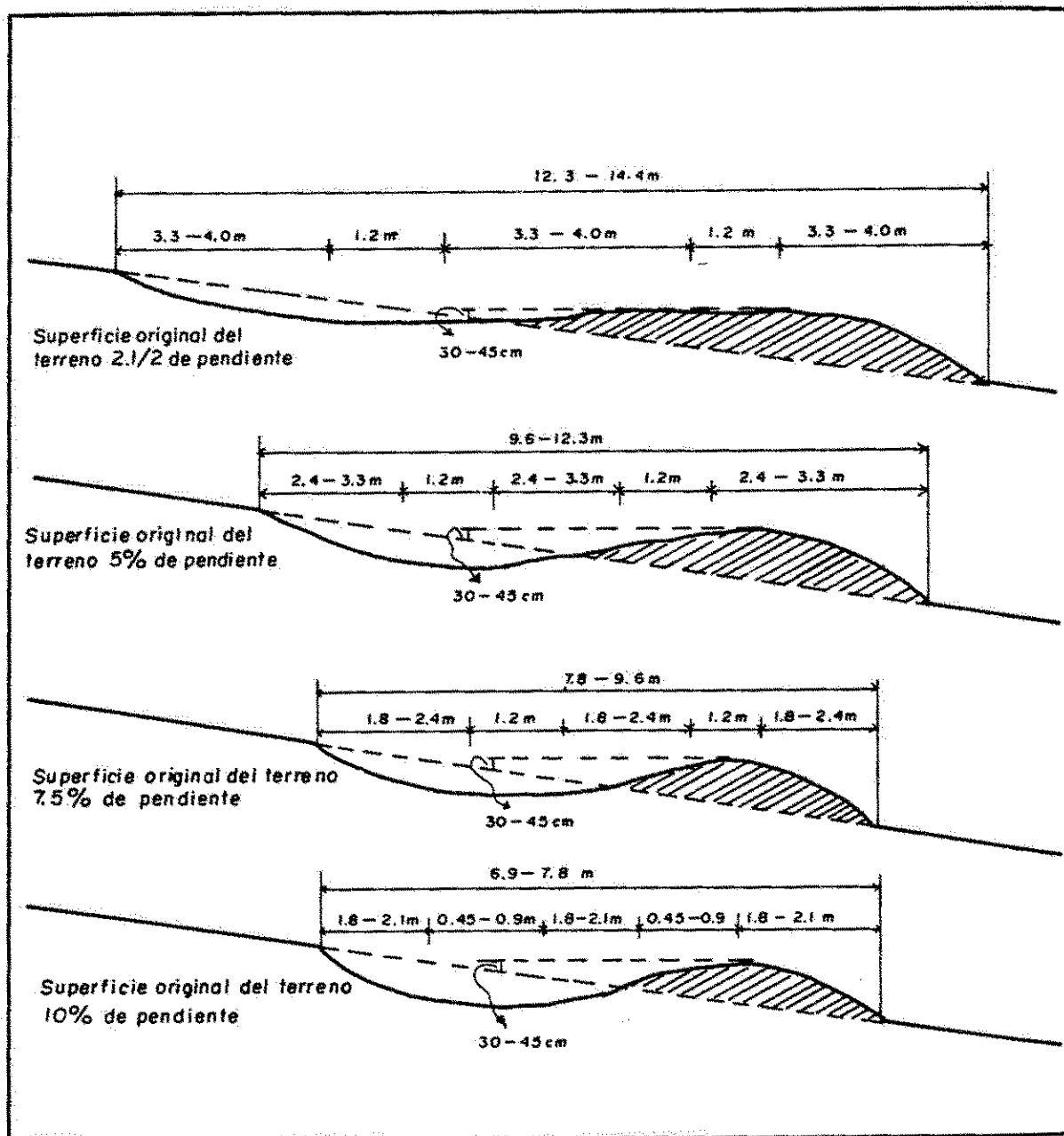


En términos generales se acepta que la profundidad de la terraza (altura del borde respecto del canal) debe oscilar entre 30 y 45 centímetros; el ancho total entre 5 y 12 metros, la pendiente de los lados del canal (taludes) no debe ser mayor de 5:1 (es decir, una caída de 1 metro en 5 metros de distancia horizontal), siendo preferible reducirla hasta 8:1 y el ancho del borde en la parte superior no debe ser inferior a 4 metros, para que pueda ser posible utilizar maquinaria de todo tipo.

El tipo de sección transversal utilizada modificará el espaciamiento dedicado a las labores agrícolas. Por ejemplo las terrazas de base ancha pueden cultivarse en toda su extensión, mientras que en las terrazas de bancos alternos no se cultiva la contrapendiente; esto lo podemos apreciar en la siguiente figura:



En las siguientes figuras se presentan algunas Secciones Transversales típicas de Terrazas para diferentes pendientes



## 6.21.2.5.3. CARACTERISTICAS DEL CANAL DE LA TERRAZA

En el diseño de la sección transversal de una terraza hay que considerar un canal para que desague las excedencias de agua.

Por ejemplo en el caso de las terrazas construídas a nivel, el canal tendrá una pendiente cero ya que su función es la de almacenar el volumen de escurrimiento generado en la sección, en cambio en las terrazas con declive el diseño del canal debe considerar el tipo, declive, velocidad y capacidad para desalojar los excedentes de agua.

## 6.21.2.5.3.1.- TIPOS DE CANALES

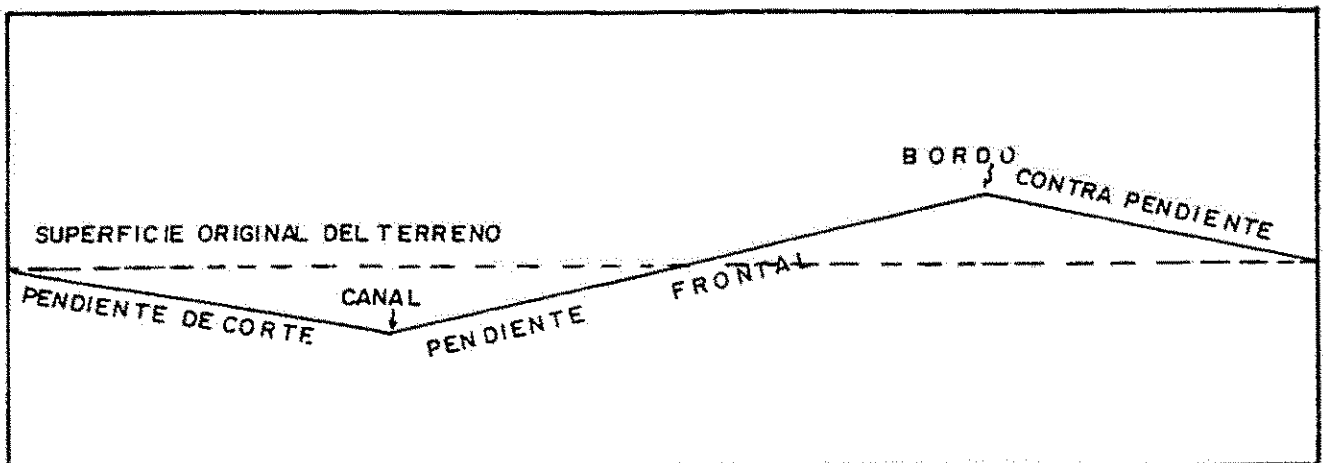
Los canales de las terrazas pueden ser trapezoidales o triangulares.

Los canales trapezoidales se adaptan mejor a terrenos con pendientes alrededor del 4% y en suelos con buena permeabilidad, donde no se tienen problemas de mal drenaje, por lo que es posible construir bordos sin necesidad de hacer grandes excavaciones de corte.

Los canales triangulares o en forma de "V" pueden utilizarse en terrenos de cualquier pendiente terraceable y se adaptan mejor a suelos con permeabilidad lenta.

A los canales se les debe dar una altura adicional o bordo libre para prevenir el efecto de sedimentación en el canal, la erosión de los bordos, el efecto de las operaciones normales de labranza y como un factor de seguridad.

La elevación de diseño o altura efectiva del bordo se debe medir considerando un ancho de 90 centímetros en el bordo y en el canal, tal y como se muestra en la siguiente figura



## 6.21.2.5.3.2.- DESNIVEL O GRADIENTE DEL CANAL

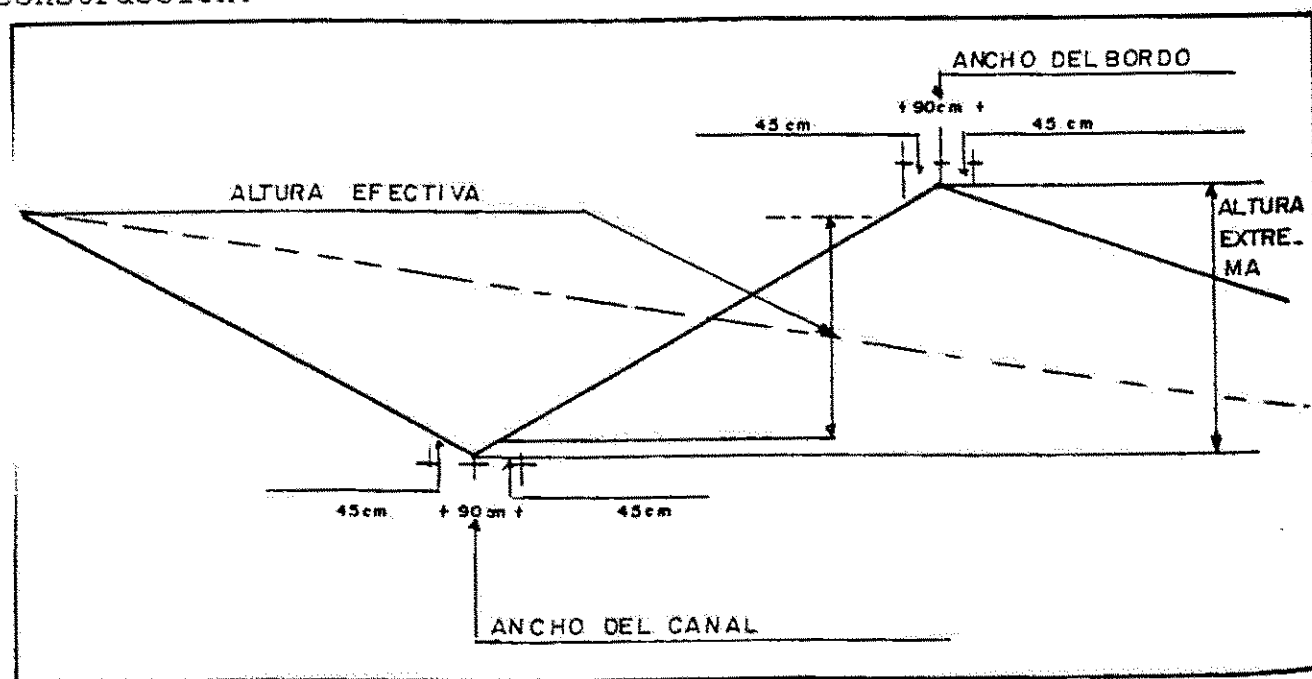
La caída o desnivel de una terraza hacia un desagüe *varia desde cero (terrazza a nivel) hasta 0.5 por ciento (o sea 50 centímetros de caída en cada 100 metros de canal), este desnivel se recomienda variarlo progresivamente cada 100 metros.*

La pendiente del canal de una terraza debe ser suficiente para que el encharcamiento del agua no demore las operaciones de labranza y no dañe los cultivos, propicie un buen desagüe y desaloje los escurrimientos del área del canal a velocidades no erosivas.

Es recomendable utilizar siempre el menor desnivel que sea posible para que el agua circule por el canal a velocidad apenas suficiente para prevenir su desbordamiento y de esta forma evitar que el propio lecho del canal puede erosionarse.

En suelos compactos o poco permeables la pendiente mínima debe ser de 0.1 por ciento; en los suelos más permeables esta pendiente puede reducirse a cero.

En ocasiones es conveniente dar un desnivel variable a la terraza, comenzando con el mínimo en la parte superior y terminando con el máximo en el desagüe; esto es recomendable realizarlo en sistemas de terrazas de gran longitud, ya que permite aumentar la capacidad del canal sin variar la sección transversal lo que repercute en un ahorro económico en su construcción.





En el cuadro que se presenta a continuación se muestran valores de declives máximos permisibles en los canales de las terrazas (Tomado de Manual de Conservación del Suelo y del Agua, del Colegio de Postgraduados de Chapingo, México, 1982)

*P e n d i e n t e (%)*

<i>Longitud de la Terraza en metros</i>	<i>Suelos Erodibles Arenosos o Francos</i>	<i>Suelos resistentes a la erosión Arcillosos</i>
Mayor de 150	0.35	0.50
60 - 150	0.50	0.65
30 - 60	1	1.5
Menor de 30	2	

El siguiente cuadro nos muestra valores de desniveles para terrazas de pendiente variable (Tomado de Suárez de Castro, 1982)

*Desnivel hacia el Desagüe*

<i>Longitud de la terrazza en metros</i>	<i>Mínimo por 100</i>	<i>Máximo por 100</i>
0 - 100	A nivel	0.10
100 - 200	0.10	0.15
200 - 300	0.15	0.20
300 - 400	0.20	0.30
400 - 500	0.30	0.40

## 6.25.2.5.3.3.- VELOCIDAD MAXIMA PERMISIBLE EN EL CANAL

Las velocidades máximas permisibles del agua en el canal de una terraza estarán en *función directa de la erodabilidad de los suelos y del contenido de materia orgánica.*

El valor de la velocidad máxima permisible en el canal de la terraza se puede determinar aplicando la *fórmula de Mannig*:

$$V = \frac{r^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

donde:

*V* : Velocidad máxima (mt/seg)

*r* : Radio hidráulico

*s* : Pendiente en metros por metro

*n* : Coeficiente de rugosidad

El radio hidráulico (*r*) es la relación que existe entre el área hidráulica de la sección de la terraza y el perímetro mojado; el cual se puede determinar al aplicar la siguiente fórmula:

$$r = \frac{A}{P}$$

donde:

*r* : Radio hidráulico (metros)

*A* : Area de la sección (mt<sup>2</sup>)

*P* : Perímetro mojado (metro)

## 6.25.2.5.3.4.- CAPACIDAD DEL CANAL

El canal de una terraza con declive debe tener la capacidad suficiente para conducir el volumen de escurrimiento de una lluvia de 24 horas con un período de retorno de cinco años; en cambio las terrazas a nivel y con declives a desagües subsuperficiales que almacenan agua deben diseñarse para retener el volumen de escurrimiento de una lluvia máxima de 24 horas, con período de retorno también de cinco años.

La capacidad que tendrá el canal de una terraza para conducir o almacenar adecuadamente escurrimientos lo podemos determinar utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

donde:

- Q : Cantidad de agua que puede llegar a la terraza (mt<sup>3</sup>/seg)  
C : Coeficiente de escurrimiento superficial  
I : Intensidad de la lluvia (mm/hr)  
A : Area de la cuenca en hectárea (longitud de la terraza por la distancia entre terrazas)

Asimismo:

$$Q = A \cdot V$$

donde:

- Q : Capacidad de la terraza (mt<sup>3</sup>/seg)  
A : Area de la sección transversal de la terraza (mt<sup>2</sup>)  
V : Velocidad del flujo en el canal de la terraza (mt/seg)

En el siguiente cuadro se presentan valores del coeficiente de rugosidad "n" propuesto por Horton que se utilizan para calcular la velocidad permisible en el canal de una terraza al aplicar la fórmula de Mannig.

Condiciones de las Paredes

Superficie	Perfectas	Buenas	Medianamente Buenas	Malas
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.275	0.30	0.33
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
(3) Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio	0.033	0.035	0.040	0.045
(4) Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente	0.040	0.45	0.050	0.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
(6) Igual al (4), sección pedregosas	0.045	0.050	0.055	0.060
(7) Rios perezosos, cauce enhierbado o con charcos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
(8) Playas muy enhierbadas	0.075	0.100	0.125	0.150

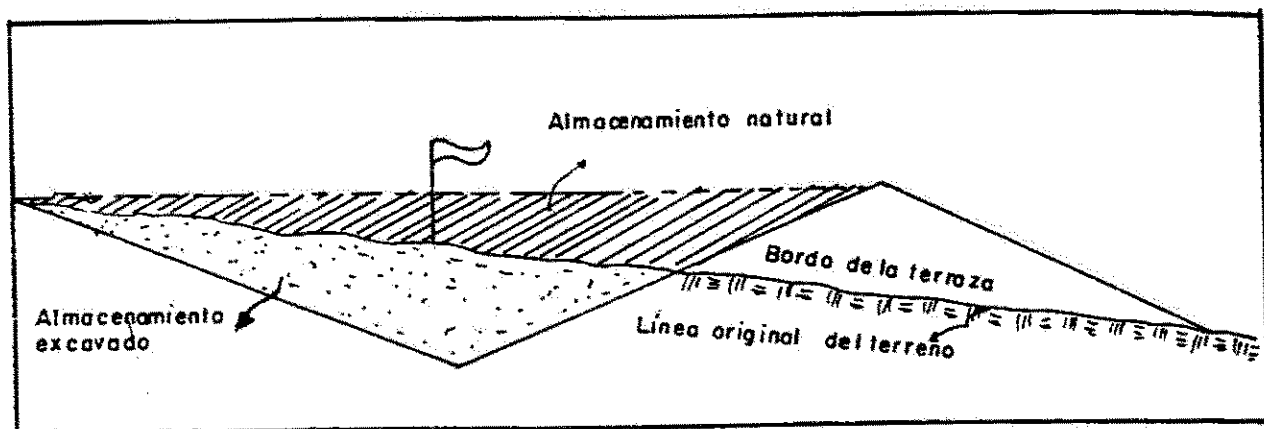
En el siguiente cuadro se presentan valores del Coeficiente de Esguerrimiento Superficial, los cuales son necesario para poder determinar la capacidad que tendrá el canal de una terraza para transportar o almacenar adecuadamente esguerrimientos sin causar erosión.

Textura del Suelo

Topografía - Vegetación	Gruesa	Media	Fina
<b>Bosque</b>			
Plano (0 - 5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6 - 10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (11 - 30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Planos (0 - 5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6 - 10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11 - 30% pendiente)	0.22	0.40	0.60
<b>Terrenos Cultivados</b>			
Planos (0 - 5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (6 - 10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (11 - 30% pendiente)	0.52	0.72	0.80

## 6.21.2.5.4.- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA TERRAZA

En la siguiente figura se muestran los tipos de almacenamiento en una terraza



El almacenamiento de embalse natural es el que forma la superficie del terreno y el bordo de la terraza, considerando que el material de préstamo para construir éste, se obtiene de la parte baja y el excavado, cuando dicho material corresponde a la parte de aguas arriba del bordo.

La capacidad de almacenamiento de una terraza en litros por metro lineal se puede determinar al aplicar la siguiente fórmula:

$$A = E \times C \times 10$$

donde:

*A* : Volumen de almacenamiento de la terraza  
(litros/metro lineal)

*E* : Espaciamiento entre terrazas (metros)

*C* : Coeficiente de escurrimiento

10 : Factor de ajuste de unidades

## 6.21.2.5.5.- LONGITUD

En general, la distancia máxima mediante la cual una terraza puede llevar el agua en una dirección (longitud de drenaje de la terraza) no debe ser superior a 600 metros; cuando sea posible es recomendable usar longitudes menores.

Las terrazas demasiado largas presentan serias dificultades de construcción y manejo, exigen secciones transversales demasiado amplias especialmente en los tramos cercanos al desagüe para poder recibir la escorrentía acumulada del área que sirven sin recurrir a desniveles exagerados, por lo que la altura de sus lados dificulta la utilización de maquinaria agrícola.

En casos excepcionales, cuando la distancia entre los cauces naturales de drenaje lo exija, la longitud puede llegar a 800 metros, en este caso es preciso asegurar que la sección transversal y el gradiente sean adecuados.

La longitud de drenaje no influye en la longitud de las hileras de cultivo, dado que, si los cauces principales de drenaje son canales cubiertos con vegetación o cárcavas atravesables, las hileras pueden continuar a lo largo de toda la longitud del campo.

## 6.21.2.5.6.- DESAGÜES

El primer paso que se debe efectuar cuando se desea planear un sistema de terrazas en un terreno es escoger las área de salida o descarga; o sea localizar los desagües.

Todas las terrazas planas, inclinadas o de extremo abierto deben tener un desagüe apropiado.

El desagüe o canal de drenaje es la parte crítica en un sistema de terrazas ya que si el agua que se concentra en cada estructura no puede descargarse a una corriente regular sin causar erosión, toda la obra estaría condenada al fracaso.

Antes de construir las terrazas debemos de contar con desagües debidamente estabilizados de forma tal que puedan recibir y descartar con seguridad el escurrimiento excesivo del terreno.

*En un terreno donde se desee establecer un sistema de terrazas podemos utilizar como desagües:*

- . Un cauce natural de avenamiento del terreno
- . Un bosque con pendiente moderada provisto de una capa gruesa de restos vegetales
- . Un potrero protegido del pastoreo, en el caso de utilizarlos hay que procurar distribuir el agua de manera que se extienda sobre un área amplia y evitar la excesiva concentración de esta en una zona muy estrecha
- . Una cárcava que haya sido erosionada hasta la roca subyacente (en cuyo caso no hay peligro de que prosiga la erosión); para ello se recomienda que los bordes de la misma estén protegidos con una cubierta vegetal permanente
- . Una depresión natural en la que bastará sembrar vegetación permanente y protegerla del pastoreo y pisoteo excesivo
- . Un canal construido con el propósito de evacuar el agua a una velocidad que no ocasione daños en el terreno; los cuales deben protegerse con vegetación o instalar estructuras mecánicas que eviten la erosión de estos

Es importante que recordemos que antes de diseñar y construir cualquier sistema de terrazas debemos contar con un desagüe; ya que es preferible demorar el establecimiento de las estructuras uno ó dos años, mientras se estabiliza el desagüe, que proceder sin haber tomado todas las precauciones para que la escorrentia no cause daños.

#### **6.25.2.5.7.- UBICACION DE LOS CAMINOS AGRICOLAS**

Los caminos están más expuestos a la erosión que otras partes del campo, por lo tanto estos deben situarse en lugares donde no haya concentración de agua y de ser posible desviar el agua que fluya sobre ellos hacia un desagüe.

Se recomienda que los caminos vayan sobre montículos naturales y que las terrazas los atreviesen para desviar el agua de escurrimiento hacia ellas, o que sigan las curvas a nivel.



Cuando esto no sea posible de realizar se puede desviar el escurrimiento con troncos, pequeñas zanjias, estructuras de piedra, etc.

Los caminos que corran paralelos a las terrazas tienen que estar situados sobre el bordo o por debajo de él; a veces es recomendable elevar los caminos unos 30 centímetros por encima del nivel del suelo, con el objetivo de frenar la erosión y asegurar que se sequen rápidamente.

*Los caminos agrícolas nunca deben atravesar una terraza a lo largo de su sección de drenaje, ya que esto podría causar una interrupción en la misma.*

#### 6.25.2.6.- DEMARCACION

La demarcación o trazo de las terrazas debe hacerse con precisión, para ello se recomienda utilizar un aparato nivelador y proceder de la siguiente manera:

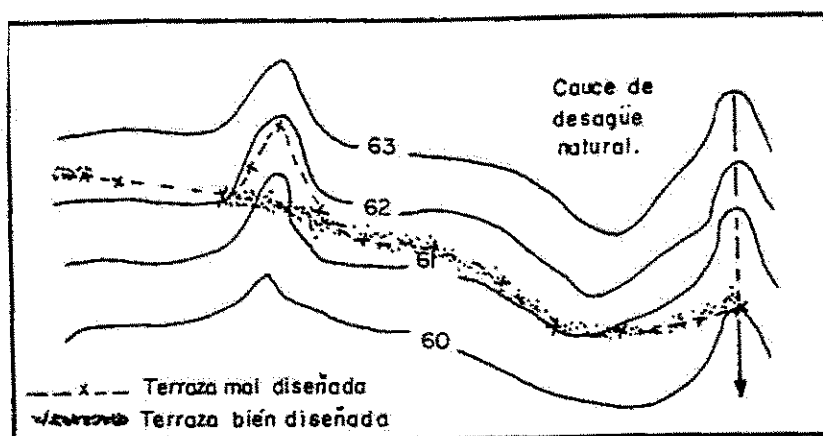
- . Localizar el desagüe y proceder a medir la pendiente promedio del terreno, con este dato determinar el espaciamiento que existirá entre las terrazas
- . Empezar por marcar con estacas la primera terraza, que por lo general es la que se encuentra situada a mayor altura y luego ir marcando las demás terrazas avanzando hacia abajo. El punto de partida de las terrazas debe ser un cauce de drenaje o un camino rural, para asegurar que las terrazas colocadas a ambos lados de esa línea puedan ser alineadas
- . Colocar las estacas a intervalos de 20 metros ó menos si la topografía del terreno es complicada
- . Una vez que se ha marcado la línea, hay que suavizar las vueltas bruscas, procediendo a realinearlas hacia arriba o hacia abajo. Toda desviación de la línea marcada conlleva, posteriormente, ciertos trabajos de nivelación, por lo que debe procederse con prudencia

Quando la línea original exija correcciones muy grandes, se recomienda desecharla y trazar una nueva línea; siempre debemos tener presente que estas estructuras son de carácter permanente y que es mejor probar varias veces hasta tener un trazo plenamente satisfactorio

Al terminar el trazo de la primera terraza, es necesario regresar al desagüe, localizar y proceder a trazar la segunda estructura

Para marcar en forma clara las líneas se puede pasar inmediatamente un arado, de tal forma que el surco que se trace evite que al caerse o perderse algunas estacas haya necesidad de repetir el trazado

En la siguiente figura se presenta el *realineamiento* que se hizo a una terraza de base ancha



#### 6.25.2.7.- CONSTRUCCION

La construcción de las terrazas consiste en remover la tierra de tal forma que se forme la sección deseada, así como el bordo y el canal.

La forma en que se haga el movimiento de tierra dependerá de las condiciones de la pendiente del terreno, clima y profundidad del suelo. A veces es factible movilizar el material de la parte aguas arriba o de aguas abajo del sitio donde va a quedar ubicado el bordo o bien de ambos lados.

Las terrazas pueden construirse utilizando varios equipos de construcción tales como *implementos rústicos (pala y pico), equipo liviano adaptado a la tracción disponible en la finca ya sea mecánica o animal (arado de disco o vertedera) o con maquinaria pesada más cara, especialmente diseñada para formar terrazas.*

Si un sistema de terrazas se construye mal, tendremos problemas de mal funcionamiento o destrucción; este riesgo puede eliminarse al establecer un adecuado estaquiado y al comenzar la *construcción de la primera terraza preferiblemente por la parte más alta del terreno.*

Los *aspectos que se debemos tener en cuenta para lograr economía y eficiencia al realizar la construcción de un sistema de terrazas* son los siguientes:

- . Construir primero los desagües y cuando se haya establecido pasto en ellos comenzar a construir las terrazas
- . Construir las terrazas durante la estación seca del año, debido a que el movimiento de tierra y la operación de la maquinaria se dificulta en condiciones de humedad; además en la época de lluvias el terreno normalmente se encuentra ocupado por los cultivos
- . Comenzar la construcción de la terraza más alta en el terreno y continuar en ese orden hasta la más baja, de esta manera se evitará el peligro de que después de construir algunas terrazas en la parte baja del terreno, un aguacero fuerte las destruya o dañe gravemente por no tener capacidad para recibir la escorrentía de toda el área que aún no se ha protegido
- . Construir bien la terraza más alta, ya que de ella dependerá el buen funcionamiento de todo el sistema
- . Remover en cada vuelta tanta tierra como la potencia de la máquina lo permita, de esta manera se asegurará el uso eficiente del equipo utilizado
- . Procurar no remover la tierra de sitios que luego habrá necesidad de rellenar

- . En pendientes suaves tratar de mover toda la tierra de arriba hacia abajo, lo cual es más económico
- . Procurar que la maquinaria trabaje siempre en tierra que no haya sido removida
- . Procurar no mover más suelo del que es indispensable
- . Comprobar la altura y desnivel del canal, para ello se puede utilizar un nivel y un reglón graduado el que se va desplazando por todo el canal. En los sitios en donde el canal haya quedado muy alto deben hacerse los cortes necesarios para que no se produzcan embalsamientos de agua, asimismo los lomos se deben corregir para que tengan la altura deseada
- . Antes de iniciar la construcción de una nueva terraza debe haberse terminado por completo la anterior
- . Antes de comenzar la excavación es necesario rellenar todos los zanjones o surcos profundos que haya en el terreno y remover toda la vegetación o la grama densa que pueda dificultar la labor de la maquinaria

#### 6.25.2.8.- CONSERVACION ✓

El éxito de las terrazas depende principalmente de su manejo y mantenimiento; el uso inadecuado de las mismas puede causar su destrucción y ocasionar una grave erosión al terreno.

Es preferible no construir las terrazas, que construirlas y descuidarlas, porque una terraza mal conservada, al fallar causa más daños que los que sufría el terreno antes de la construcción de estas.

Algunos *aspectos que se deben tomar en cuenta para la conservación de las terrazas* se detallan a continuación:

- . Evitar que después de su construcción, cuando todavía no están bien consolidadas, las atraviese el ganado, vehículo o aperos de labranza; cuando esto suceda hay que corregir de inmediato los desperfectos

- . Mantener la capacidad de almacenamiento de las terrazas, limpiando el canal al hacer la labores y procurar sobreelevar el bordo en forma sucesiva en el caso de las terrazas de base angosta
- . Recoger las piedras que se encuentren en el terreno y colocarlas sobre el bordo para estabilizarlo más
- . Combatir oportunamente los roedores que minan los bordos y ocasionan su destrucción
- . En terrazas recién construidas, después de lluvias fuertes es necesario observar la magnitud de los asentamientos en el bordo y el azolve del canal con el objetivo de evitar posibles rupturas en el sistema
- . Durante el primer año de establecidas hay que procurar que todo el terreno se dedique al cultivo de algún forraje o planta de cobertura y evitar la siembra de cultivos que exijan escardas periódicas

#### 6.25.2.9.- CULTIVO DE LAS TERRAZAS

Por sí solo un sistema de terrazas bien diseñadas no detiene la erosión; la construcción de estas estructuras es sólo el primer paso, ya que el éxito depende de si se cultivan y mantienen debidamente.

*La práctica más adecuada para las terrazas es el cultivo en curvas a nivel; es decir, labranza y siembra en hileras paralelas a las terrazas.*

Esto producirá una serie de depresiones y camellones de menor tamaño entre las terrazas, que ayudará a conservar la humedad y controlar la erosión del suelo.

Cuando los aperos de labranza trabajan en sentido paralelo a las terrazas, especialmente los que penetran el suelo, se provocan mínimos daños al camellón y al canal de las terrazas.

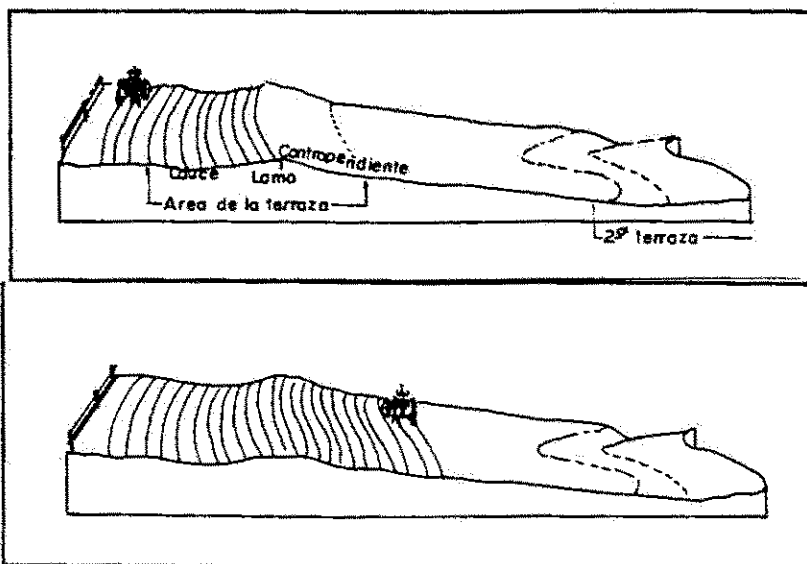
Arando paralelamente a las terrazas y regulando la ubicación de los surcos muertos y los contrasurcos, las terrazas se podrán mantener y se podrá cambiar su sección transversal para darles el declive más adecuado al campo.

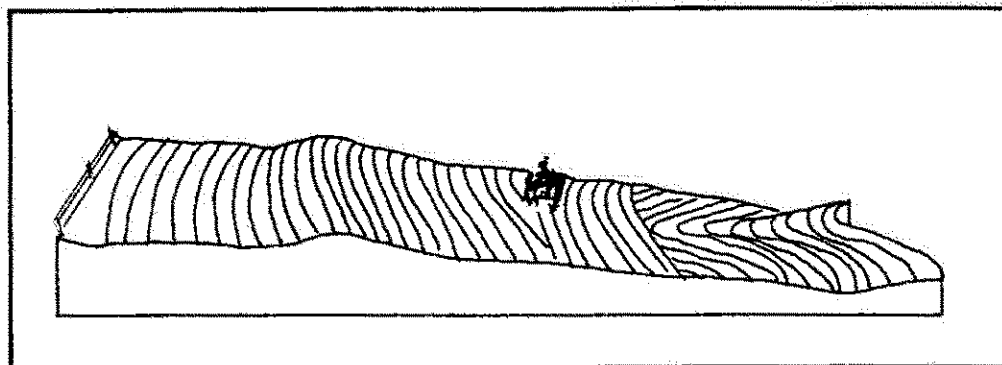
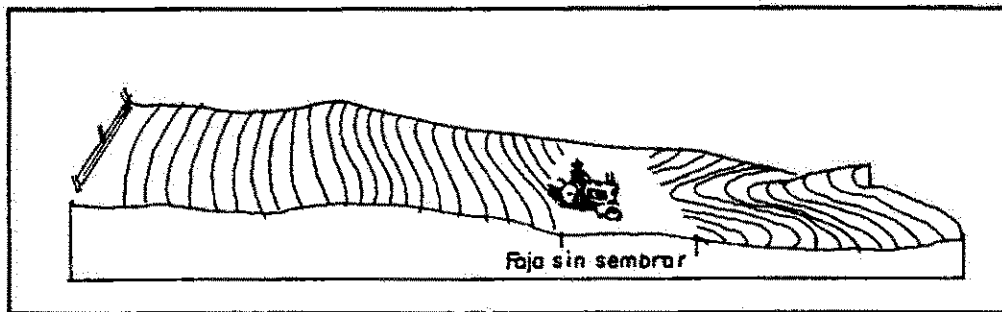
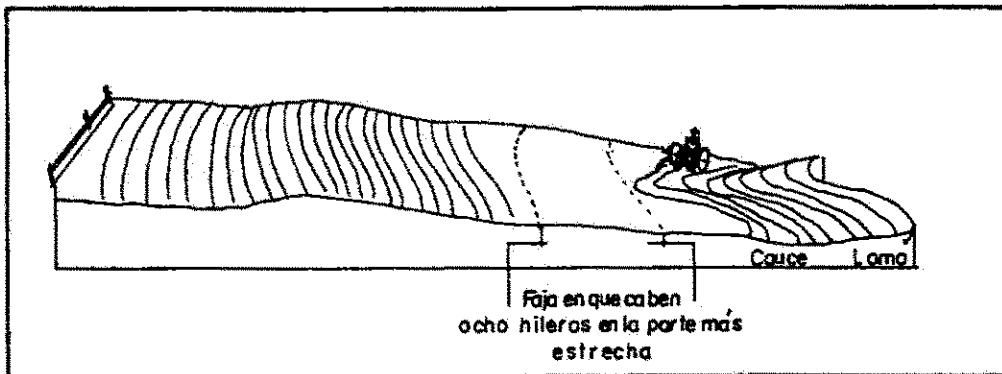
Cuando las terrazas están paralelas, la siembra, la labranza y la recolección son operaciones sencillas.

Hemos puntualizado que las terrazas deben servir de guía para todas las labores culturales y en el caso de la siembra el método más sencillo es el que se explica a continuación:

- . Iniciar la siembra cerca del lomo de la terraza más alta y sembrar hileras paralelas hasta el límite superior del campo.
- . Continuar la siembra comenzando en la contrapendiente de la terraza superior y seguir sembrando ladera abajo hasta un tercio aproximadamente de la distancia entre la primera y la segunda terraza.
- . Iniciar la siembra cerca del lomo de la segunda terraza y seguir sembrando ladera arriba pasando el cauce hasta dejar sin sembrar una faja en la que en su parte más estrecha quepan ocho hileras.
- . Como las terrazas casi nunca son paralelas porque lo impide la poca uniformidad de la pendiente del terreno, se deben sembrar hileras cortas en la parte ancha de la faja sin sembrar hasta que esta faja tenga en toda su longitud una anchura de ocho hileras.
- . Por último se deben sembrar a lo largo en toda su longitud la faja ancha de ocho hileras.

Las figuras que se presentan a continuación nos explican esquemáticamente el sistema antes descrito, mediante su utilización podemos mantener muy bien el contorno. (Tomado de USDA, Soil Conservation Service, Farming terraced land, Folleto No. 335)





Algunos agricultores se oponen a la utilización de las terrazas porque creen que estas impiden las labores agrícolas regulares, ellos no se percatan que las cárcavas y canales que la erosión deja en sus campos son a la larga un obstáculo mayor y que la pérdida continua de suelo puede tornar imposible la producción de sus tierras.

El cultivo de las terrazas no es más difícil de lo debido cuando el agricultor está dispuesto a renunciar a los surcos rectos y a probar el cultivo en curvas a nivel, cuyas pequeñas desventajas e incomodidades son muchísimo menores que sus beneficios.

Los agricultores que utilizan las terrazas han comprobado que dar vueltas frecuentemente con los equipos debido a los surcos cortos no es tan difícil como ellos lo esperaban; ya que una vez que el conductor se acostumbra, puede realizar las labores corrientes sin causar daños al cultivo. Además es más fácil conducir las máquinas en curvas a nivel que cuesta arriba o cuesta abajo.

#### 6.21.2.10.- CLASIFICACION \*

Las terrazas son de diversos tipos y se destinan para diferentes aplicaciones.

Los sistemas de terrazas se pueden clasificar de la siguiente manera:

##### 6.21.2.10.1.- De acuerdo a la condición de escurrimiento

Según este criterio las terrazas se pueden agrupar en función de las características pluviales y de suelo en dos tipos:

##### 6.21.2.10.1.1.- TERRAZAS A NIVEL

También se les denomina *Terrazas de Absorción de Humedad*, se recomienda utilizarlas en áreas donde:

- Las precipitaciones sean bajas o moderadas y no excedan de 750 milímetros anuales



- . Los suelos sean profundos, con buena permeabilidad y capaces de absorber toda el agua de lluvia rápidamente para evitar daños a los cultivos
- . Los terrenos sean planos, con pendiente menor al 8%
- . Los suelos sean arenosos y con pendiente suave, donde la precipitación es más alta

Las terrazas de absorción se construyen básicamente con la finalidad de conservar la humedad y aprovechar al máximo las escasas precipitaciones en zonas áridas y semiáridas para que quede a disposición de las plantas que se cultiven, debido a esto la necesidad de proyectar drenaje es muy limitada, por lo tanto no habrá necesidad de desaguar y por ello se construyen a nivel.

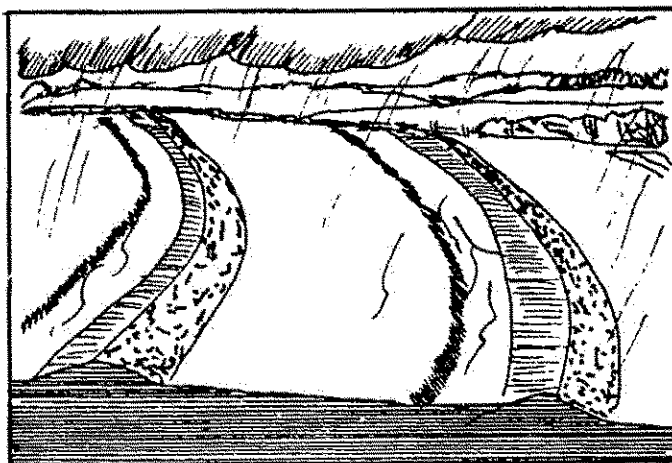
Este tipo de terraza se construyen con un bordo y un canal amplio a nivel, de tal manera que no haya movimiento del agua dentro del canal y esta se pueda almacenar a lo largo de la terraza.

Estas terrazas son planas longitudinalmente y su sección transversal en más larga y en ellas el camellón o bordo es más importante que el canal, por lo que es bastante alto y se construye tomando tierra de ambos lados.

En lugares de clima árido se recomienda cerrar los extremos de la terraza en la época de lluvias escasas y dejarlos abiertos durante la época de lluvia.

Cuando se considere necesario proyectar algunos drenes o imponer cierta pendiente a estas terrazas se recomienda utilizar una longitud máxima de drenaje de 400 metros a cada lado y una pendiente de drenaje sobre la terraza que no exceda al 0.2%.

En la siguiente figura se muestra una Terraza a Nivel



## 6.21.2.10.1.2.- TERRAZAS CON DECLIVE O DE DRENAJE

A este tipo de terrazas también se le denomina *Terrazas de Desviación o de Intercepción*, se utilizan en áreas donde:

- La precipitación es abundante (regiones húmedas con períodos de lluvias prolongadas)
- Las características de permeabilidad y profundidad de los suelos, propician la acumulación excesiva de agua, por lo que es necesario desalojarla hacia una salida natural o artificial debidamente protegida
- La pendiente del terreno es del 3 al 5%
- El campo esta cortado por cárcavas o depresiones
- El cultivo en curvas a nivel no basta para controlar el escurrimiento superficial y la erosión del suelo

Las terrazas de drenaje son *bordos bastante amplios con una base de 4 a 6 metros y una altura máxima en su parte central, de 45 centímetros, con un canal en la parte superior del terreno que tiene un ancho de 3 metros y 45 centímetros de profundidad.*

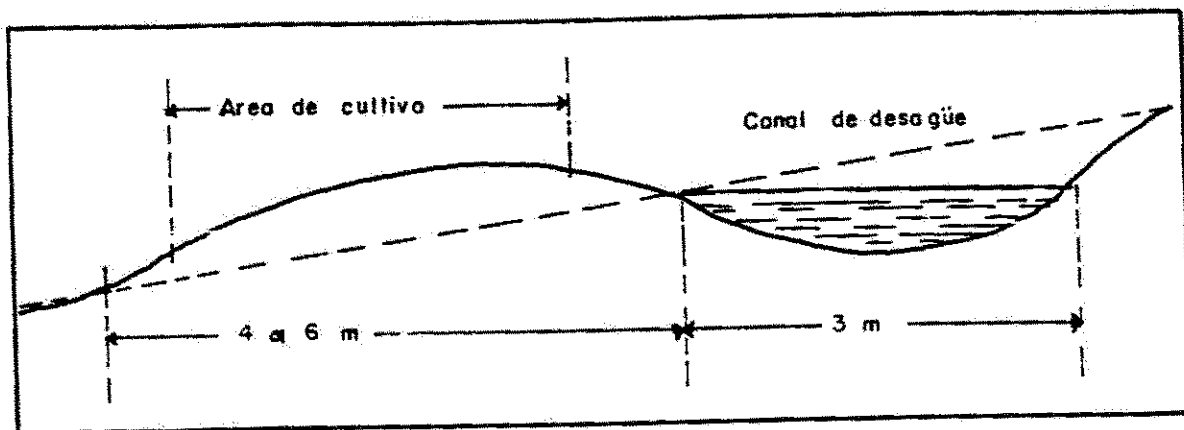
La finalidad de este tipo de terrazas es *interceptar el flujo superficial y canalizarlo a velocidades no erosivas a través de la pendiente hasta lugares adecuados para su evacuación; por lo que funcionan como sistemas de drenaje superficial y tienen un desnivel.*

Por lo general estas terrazas se *construye empujando tierra declive abajo para formar un canal ancho, superficial y de suave pendiente con un bordo bajo que quedará extendido para no estorbar en las prácticas culturales a realizar. Este canal descenderá hasta a otro canal de la terraza para que el agua de escurrimiento procedente del terreno fluya sin ocasionar en éste graves daños.*

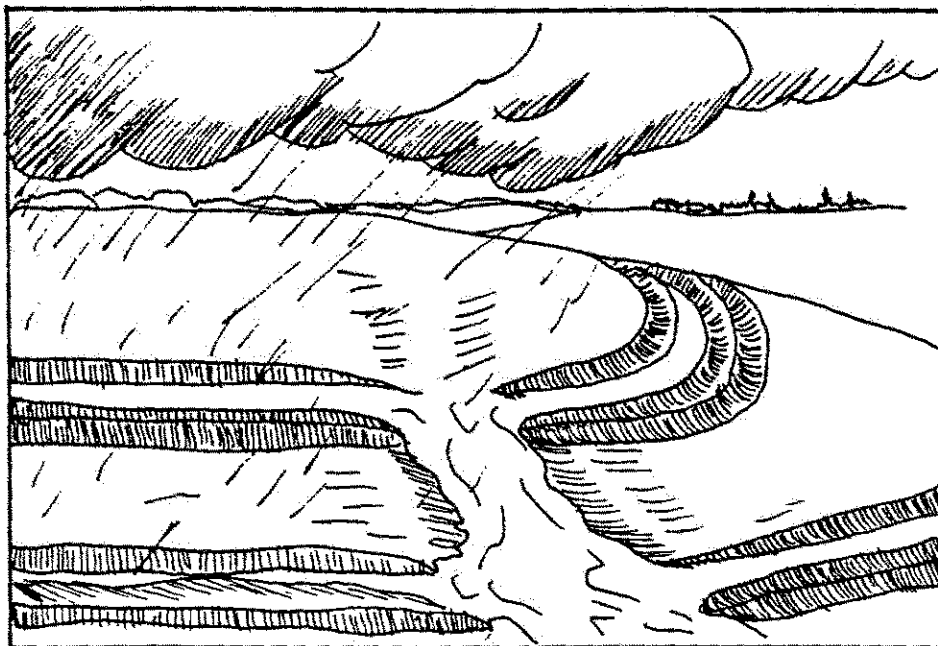
La construcción de estas terrazas se comienza por la *parte superior del terreno y la terraza superior debe quedar cerca de la parte más alta tratando de que la zona de drenaje no sea de mayor extensión que la terraza. Donde haya tramos cortos de pendiente fuertes, las terrazas deben colocarse arriba de esas desigualdades y no al pie de ellas.*

Al proyectar un sistema de terrazas de drenaje, los caminos de acceso deben situarse en las curvas a nivel o sobre bordos y nunca en áreas de desagüe.

En la siguiente figura se representa la *sección transversal de una terraza de drenaje para terrenos con pendiente de 3 a 15%*



La siguiente figura nos muestra una *terrazza de drenaje con desagüe hacia un cauce empastado*



En regiones con precipitación moderada y condiciones favorables de suelo, se pueden utilizar terrazas de doble propósito que combinen características de absorción y desviación

#### 6.21.2.10.2.- De acuerdo a su construcción

Según este criterio las terrazas pueden ser:

#### 6.21.2.5.10.1.- TERRAZAS DE CANAL

A estas terrazas también se les denomina *Terrazas tipo Cauce, de Avenamiento o de Desagüe*; se construyen tratando de obtener un canal a un nivel un poco más bajo que el nivel original del terreno para así lograr interceptar y transportar eficientemente el agua de escorrentía.

#### 6.21.2.10.2.2.- TERRAZAS DE CABALLON

Este tipo de terrazas también reciben el nombre de *Terrazas tipo de Lomo o de Camellón*, se construyen tratando de levantar un caballón sobre la superficie original del terreno haciendo el canal tan pequeño como sea posible, para lograr mantener el agua de escorrentía sobre el terreno durante algún tiempo y así poder incrementar su absorción por el suelo.

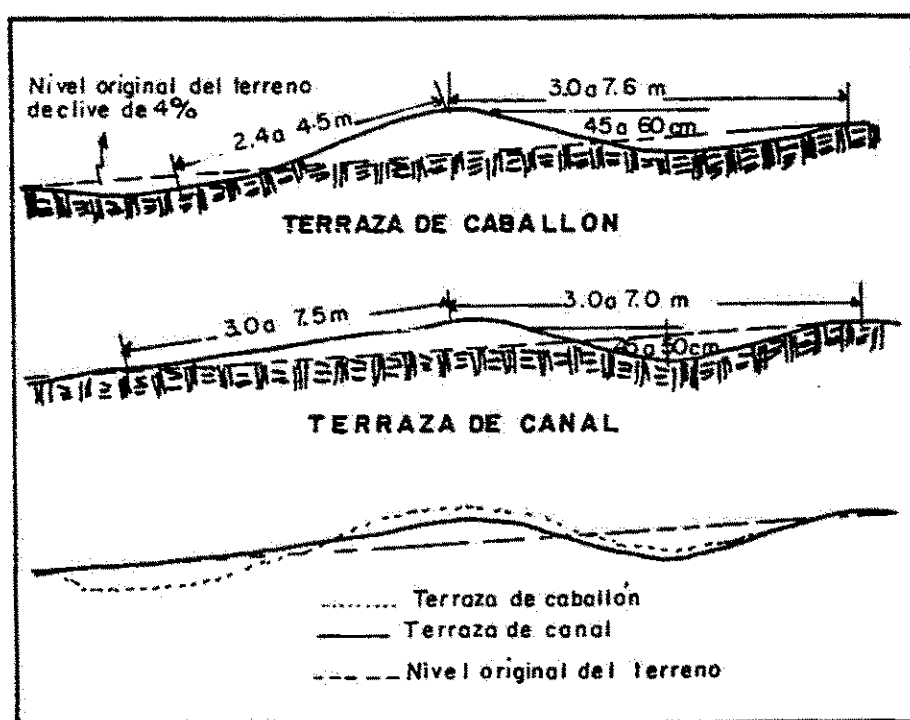
Estas terrazas ejercen un control indirecto sobre la erosión a través de la conservación del agua.

Cuando se utilice este tipo de terrazas en laderas, estas deben tener poco declive y el camellón debe tener suficiente altura para embalsar el agua en una área relativamente grande y la tierra utilizada para construirlo debe excavararse evitando la concentración de agua de escurrimiento en una área pequeña.

Si se desea obtener la máxima absorción, deben diseñarse para gran capacidad de almacenamiento y estar bien niveladas y con los extremos cerrados. A menudo, por seguridad, los extremos se dejan abiertos para que el exceso de lluvia pueda salir antes de sobrepasar el camellón de la terraza o se cierran sólo parcialmente.

Antes de adoptarlas es necesario efectuar una evaluación minuciosa de las tasas de infiltración del suelo y de la precipitación de la región en donde se desee establecerlas.

Las siguientes figuras muestran la sección transversal de una Terraza de Caballón y una Terraza de Canal



#### 6.21.2.10.3.- De acuerdo con el tipo de desagüe

De acuerdo a este criterio las terrazas se pueden clasificar en tres grupos por el tipo de desagüe:

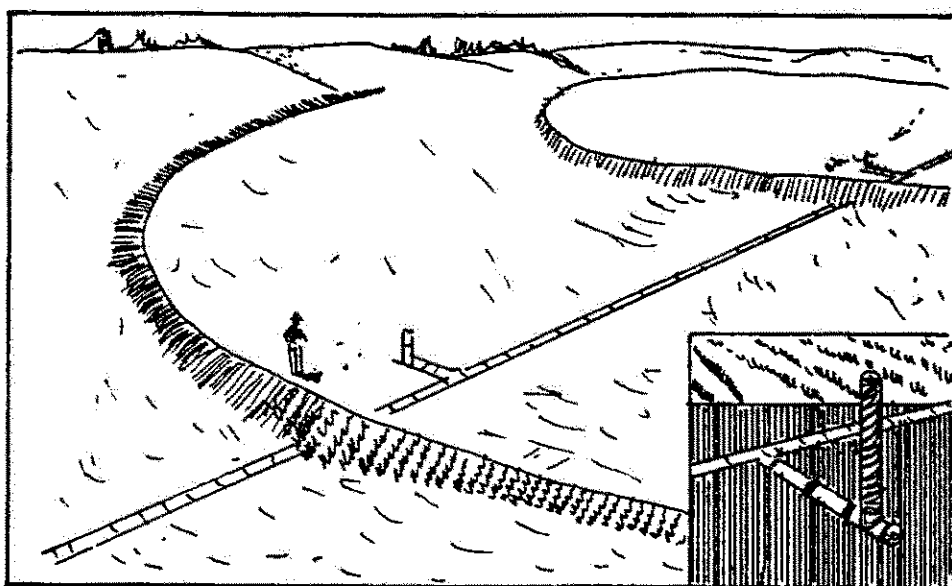
##### 6.21.2.10.3.1.- TERRAZAS CON DESAGUE HACIA UN CAUCE EMPASTADO

Este sistema de terrazas se caracteriza por tener desagües hacia un cauce o cauces empastados, los que pueden estar ubicados en diferentes partes del terreno.

#### 6.21.2.10.3.2.- TERRAZAS CON DESAGUE HACIA UN SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL

Este tipo de terrazas se caracterizan por conducir los excedentes de agua hacia las partes bajas del terreno, donde previamente se ha instalado un sistema de tubería enterrada con entradas múltiples que permite desalojarlos.

En la siguiente figura se muestra una terraza con desagüe a un sistema subsuperficial

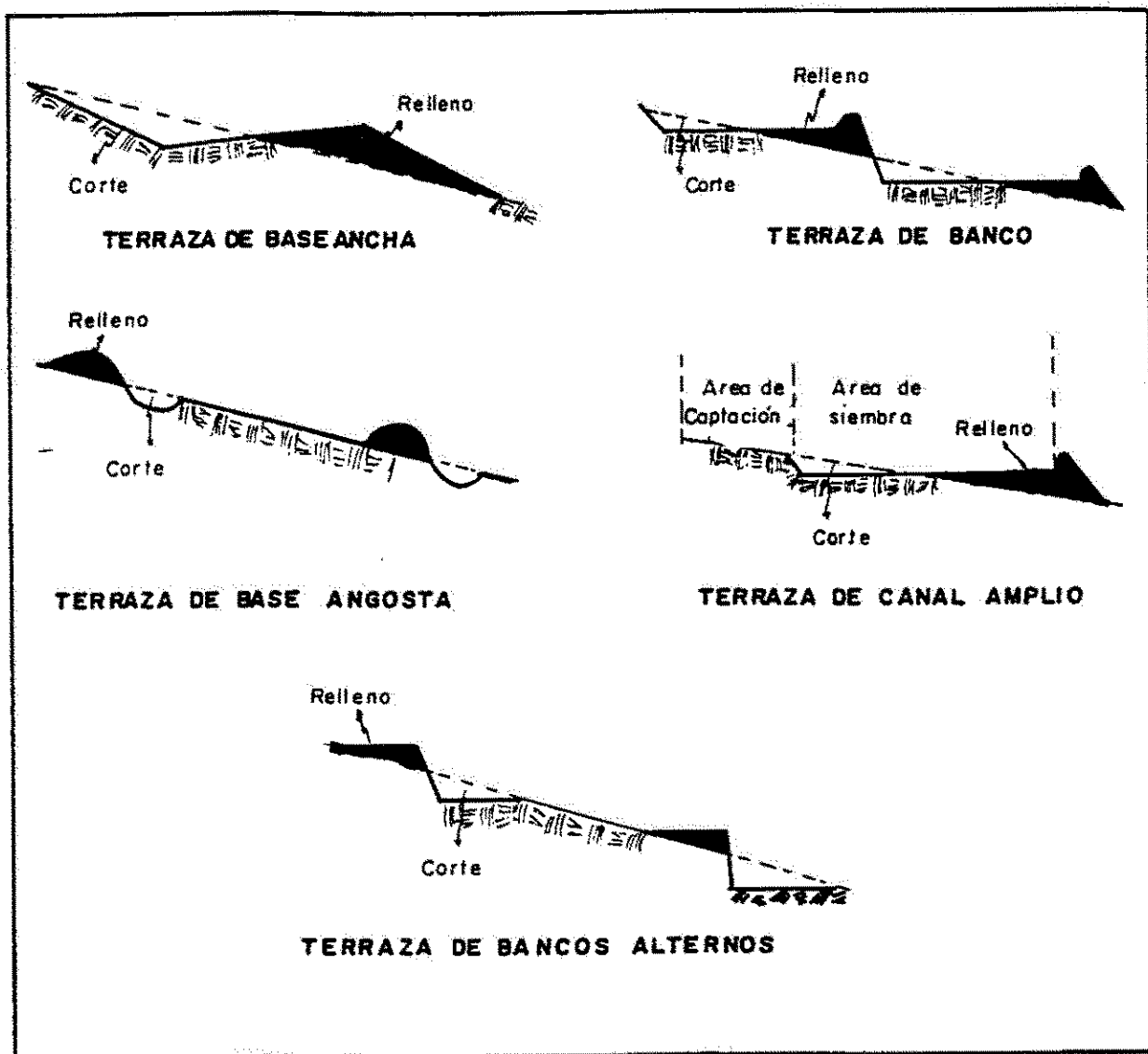


#### 6.21.2.10.3.3.- TERRAZAS DE ABSORCION \*

Este sistema es el denominado *terrazas a nivel*, donde las acumulaciones de agua se infiltran a lo largo de dichas terrazas a través del perfil del suelo.

## 6.21.2.10.4.- De acuerdo al tipo de sección transversal

En las siguientes figuras se presentan los diferentes tipos de secciones transversales de las terrazas



De acuerdo a la figuras anteriormente presentadas podemos analizar que existen cinco tipos de secciones transversales de las terrazas, las cuales pueden adaptarse a diferentes condiciones topográficas y ecológicas.

A continuación haremos una breve descripción de cada una de estas secciones transversales.

#### 6.21.2.10.4.1.- TERRAZAS DE BASE ANCHA

Este tipo de terrazas se construyen de tal manera que se pueda laborear toda su sección transversal; por lo que las pendientes del bordo y el canal deben proyectarse para permitir el paso de la maquinaria y cubrir los requerimientos de anchura de la misma.

De acuerdo a las experiencias registradas se recomienda utilizar este tipo de terrazas en terrenos con pendientes menores al 10% y de topografía regular, ya que en pendientes mayores las operaciones de laboreo son más difíciles y se incrementan los movimientos de tierra, lo cual constituye una de las limitantes que estas presentan para su adopción.

Entre las ventajas que presenta este tipo de sección transversal podemos citar las siguientes:

- . Laborear toda la superficie de la terraza
- . No se tienen problemas de control de malezas, arbustos y animales roedores en el bordo de la terraza

#### 6.21.2.10.4.2.- TERRAZA DE BASE ANGOSTA O DE FORMACION CONTINUA

En este tipo de terraza la sección transversal esta constituida por un bordo, el cual no se siembra, sino que se protege con vegetación permanente (pastos) para fijarlo y generar beneficios adicionales.

Estas terrazas requieren exclusivamente de la construcción de un bordo con plantilla de 0.8 a 1.3 metros, con ello se logra la primera etapa de lo que será una vez que actúen las fuerzas conformadoras del relieve una terraza de banco.

Este sistema de terraza se puede utilizar bajo cualquier régimen pluviométrico debido a que el bordo se puede construir a nivel o considerando una pendiente de desagüe y en terrenos que tengan una pendiente superior al 6%.



La *limitante* que presenta este tipo de terrazas es que el *bordo debe mantenerse con vegetación para consolidarlo y sobreelevarlo para promover la formación de la terraza de banco.*

Entre las *ventajas* que presentan estas terrazas podemos mencionar las siguientes:

- . El *bordo* ocupa una *área* pequeña que queda marginada de la siembra
- . Se pueden construir con mano de obra, con maquinaria o en forma combinada, lo que permite que su construcción se efectúe en condiciones diversas de suelos y pendientes
- . Favorece la formación de una terraza de banco, cuando el laboreo se realiza volteando la tierra hacia abajo

#### 6.21.2.10.4.3.- *TERRAZA DE CANAL AMPLIO O DE ZINGG*

Este tipo de terrazas se diseña para ser utilizada en *aquellas áreas donde la precipitación pluvial es muy escasa y no existe posibilidad de introducir agua de riego; se recomienda utilizarla en terrenos con pendientes mayores del 4% y donde las precipitaciones sean menores de 500 milímetros anuales.*

Para establecerlas se debe construir un *bancal a nivel en la parte baja de un área de captación, cuya anchura dependerá de la pendiente del terreno, de la profundidad de corte permisible, de la anchura de la maquinaria, del tipo de cultivo y de la precipitación pluvial de la zona donde se deseen establecer.*

Los intervalos entre los *bancales* no se siembran ya que tienen la función de captar agua de lluvia para complementar las necesidades del cultivo que se establecerá en el canal amplio.

Algunas de las *limitantes* que presentan este tipo de terrazas son las siguientes:

- . Si los suelos no son permeables, la terraza se debe construir con los extremos abiertos y el desagüe hacia un cauce protegido
- . La profundidad de corte para la construcción del canal puede verse limitada por la presencia de capas duras o no fértiles de suelo

Entre las *ventajas* que estas presentan estas terrazas podemos mencionar las siguientes:

- . El canal permite disponer de un área de ancho uniforme y nivelada para el desarrollo de cultivos
- . Algunas veces las áreas de captación se utilizan para cultivos que no son de escarda (pastos), pero esto dependerá del tipo de precipitación en el área

#### 6.21.2.10.4.4.- TERRAZAS DE BANCO

##### 6.21.2.10.4.4.1.- GENERALIDADES

Las terrazas de banco también denominadas *Bancales* o *Escalones* son una de las formas más antiguas utilizadas para controlar la erosión; se *usan desde hace varios siglos en regiones altamente pobladas donde las condiciones económicas obligaron a poner en producción laderas muy empinadas.*

Hace siglos este *sistema* fue altamente desarrollado por los Incas en los Andes y por otras civilizaciones en la China, los países del Mediterráneo y otras regiones; los cuales aún se conservan y utilizan.

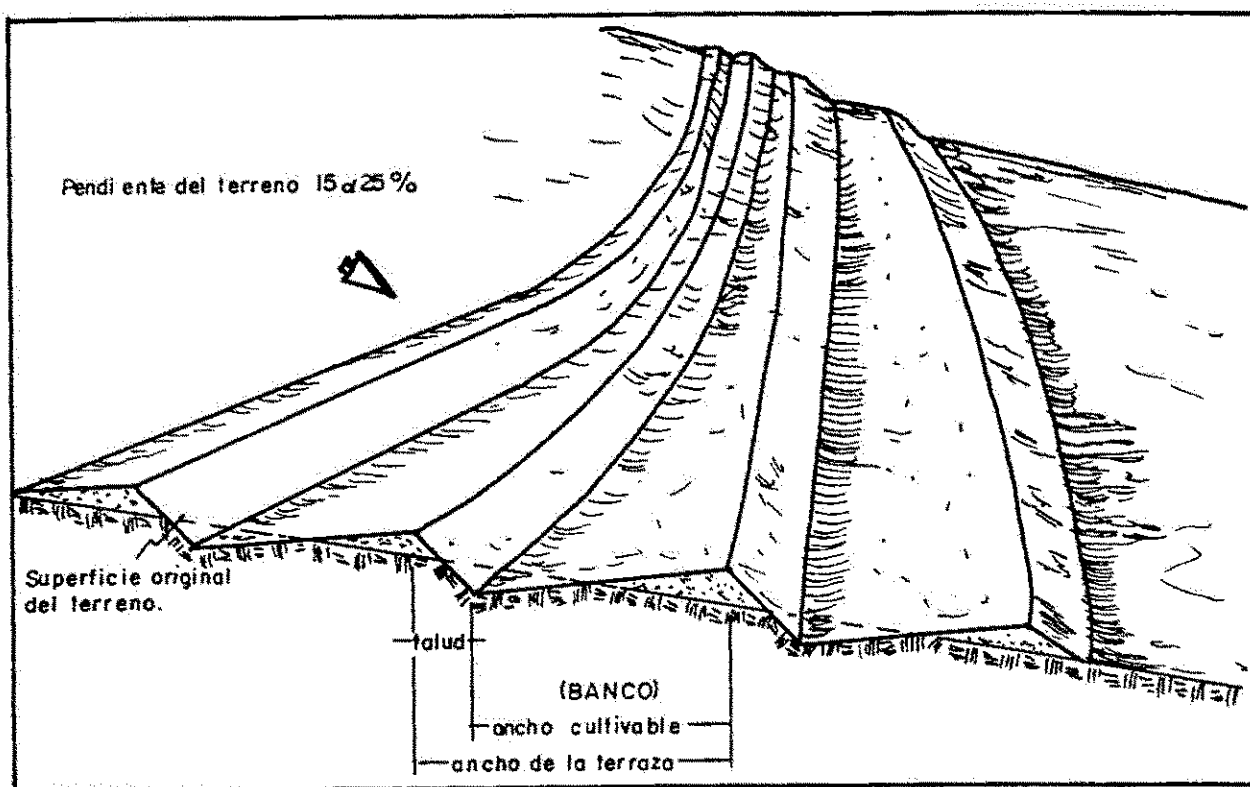
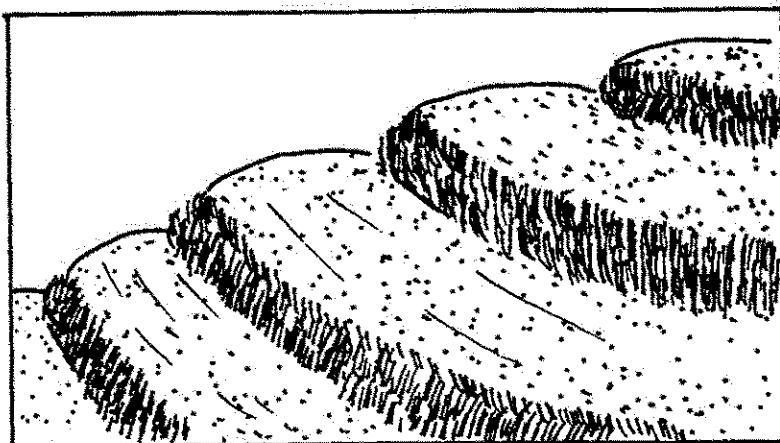
En algunas zonas el cultivo en bancales se conoce con el nombre de "*Transformación del Terreno*", ya que al utilizar estas estructuras se transforman tierras muy erosionadas o subexplotadas en tierras agrícolas altamente productivas.

Actualmente su uso se halla limitado a regiones con gran densidad de población y con escasas tierras planas en donde se justifica la inversión de grandes cantidades de trabajo para formar escalones, aunque sean estrechos, en donde poder sembrar y cuidar convenientemente las plantas de cultivo.

Este tipo de terrazas se pueden emplear en terrenos con diferentes grados de pendiente, donde los suelos sean profundos, se recomienda utilizarlas para cultivos muy rentables como hortalizas, flores y algunos cultivos especiales como la fresa y la piña.

Estas terrazas en laderas empinadas no sólo evitan la erosión del suelo, sino que hacen posible y seguro el aprovechamiento agrícola de esas tierras.

En las siguientes figuras se muestra la *vista perspectiva de una terraza de banco*



## 6.21.2.10.4.4.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término *Terraza de Banco*:

- . Serie de gradas en curvas a nivel con un terraplén cultivable y un talud conformado por el corte y relleno
- . Plataformas o escalones contruidos en serie a través de la pendiente y separados por paredes casi verticales protegidas con vegetación
- . Consiste en transformar terrenos con mucho declive (20 a 50%) en una serie de franjas paralelas transversales al declive, niveladas o casi niveladas, separadas por paredes casi verticales de piedra o de tierra protegida con vegetación densa

## 6.21.2.10.4.4.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las *ventajas* que presentan este tipo de terrazas podemos mencionar las siguientes:

- . Hacen posible la utilización de terrenos muy escarpados y el agua de lluvia se aprovecha al máximo
- . Optimiza la eficiencia en el uso de maquinaria e insumos agrícolas

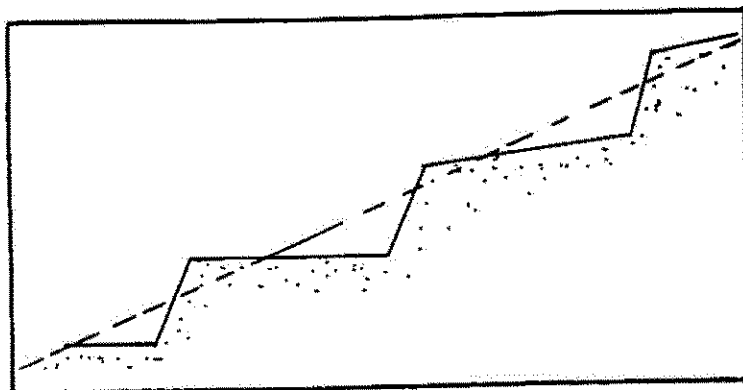
Algunas de las *limitantes* que estas terrazas presentan son las siguientes:

- . Los movimientos de tierra son mayores que en cualquier otro tipo de sección transversal, lo que hace que su construcción sea costosa
- . La producción agrícola durante los primeros años se abate, debido a que parte de la siembra se realiza en capas de tierra no intemperizadas
- . El ancho del bancal estará en función de la profundidad del suelo fértil, de la pendiente del terreno y del cultivo que se desee establecer en ellas
- . No se pueden utilizar en terrenos que posean capas impermeables o endurecidas a poca profundidad

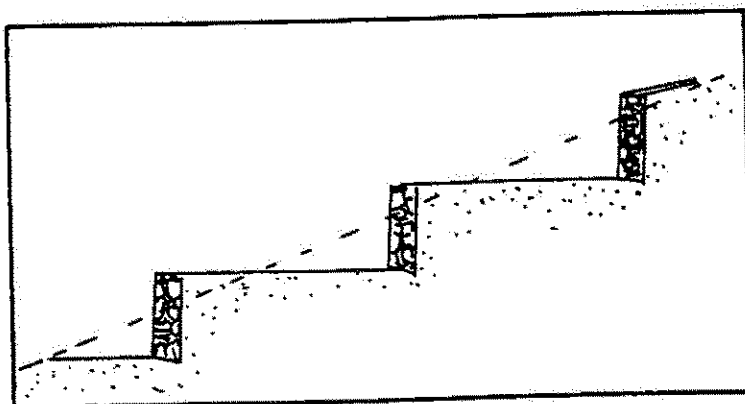
## 6.21.2.10.4.4.4.- TIPOS

En la siguiente figura se muestran los tipos de bancales de acuerdo al talud

BANCALES CON TALUD



BANCALES CON MURO

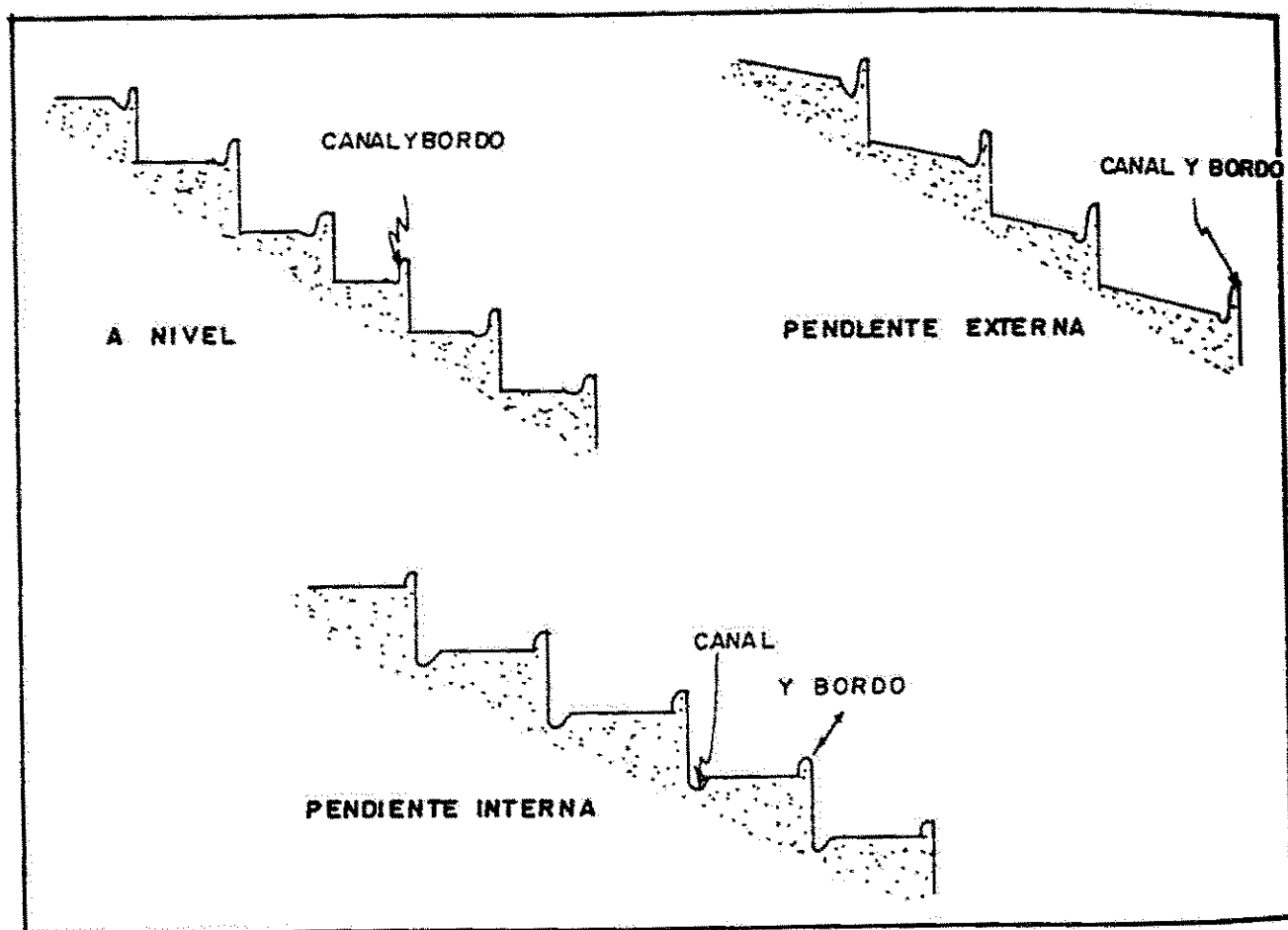


La construcción de bancales con muros de piedra se justifica solamente cuando es posible encontrar en el lugar donde se deseen establecer estas estructuras, piedras en cantidad suficiente y la productividad potencial del suelo justifique los gastos de inversión que se realicen.

Los bancales con taludes de piedras son verticales, reducen la cantidad de piedra presente en el suelo, facilitando así el cultivo y aumentando la producción; estos pueden ser utilizados para cultivos anuales y para plantaciones arbóreas perennes.

Los bancales se pueden construir a nivel o con declive hacia un desagüe según la condición de escurrimiento que exista en el terreno donde se deseen establecer.

En las siguientes figuras se muestran los tres tipos de secciones transversales que pueden ser utilizadas para la construcción de bancales



La pendiente externa presenta la ventaja de requerir menor movimiento de tierra para su construcción que las otras secciones, pero su principal desventaja es que si no se calculan correctamente las dimensiones del canal de desagüe el riesgo de destrucción de la terraza es mayor que en el caso de construirla con pendiente interna.

La pendiente interna presenta el inconveniente de requerir de gran movimiento de tierra para su construcción debido a que se invierte la pendiente del terreno en el área de la sección.

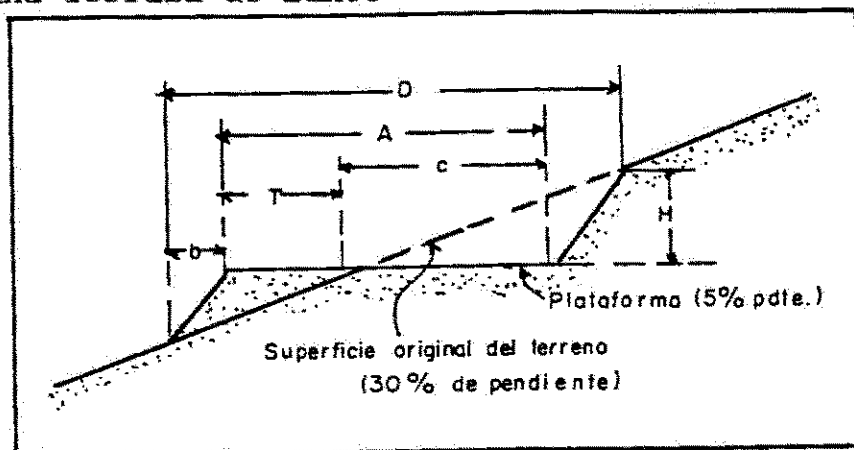
## 6.21.2.10.4.4.5.- DISEÑO Y CONSTRUCCION

Para la *construcción* de una terraza de banco se pueden utilizar *dos métodos*:

Emplear maquinaria liviana o herramientas manuales; para ello es necesario mover tierra hacia abajo de la pendiente del terreno hasta formar el escalón deseado. A esta forma de construcción de los bancales se le llama "*Método de Excavación o de Formación Rápida*"; este presenta la desventaja de que al utilizarlo se retira la capa superior más fértil del suelo dejando expuesto el subsuelo para la siembra de cultivos; debido a ello generalmente se necesitan de 2 a 3 años para poner en producción el bancal mediante el uso intenso de fertilizantes químicos, estiércol y abono verde

Sembrar barreras vivas densas y año tras año al efectuar las labores normales de cultivo desplazar el suelo hacia las barreras de manera que paulatinamente se forme el escalón o bancal. A este método se le denomina "*Sistema de Formación Lenta*" y es el más económico ya que se aprovechan por una parte las operaciones culturales obligatorias a realizarse en la plantación y por otro lado la erosión entre las barreras contribuirá a desarrollar el bancal

En la siguiente figura se presenta la *sección transversal típica de una Terraza de Banco*



En la figura anterior podemos observar que el escalón o bancal tiene una pendiente del 5% contraria a la pendiente del terreno; esto permitirá que el agua que caiga sobre la estructura se desplace hacia el talud o pared superior del bancal en donde se concentrará; dependiendo del desnivel longitudinal que posea la estructura hacia el desagüe; por lo que el agua saldrá lentamente del terreno, evitándose con ello concentraciones perjudiciales de humedad en la zona donde crecerán las plantas.

El talud o inclinación que tengan las paredes del banal dependerán de la naturaleza del terreno; por ejemplo en tierra firme se puede usar un talud de 0.5:1 (es decir 0.5 unidades horizontales por una vertical), mientras que en terrenos más sueltos habrá necesidad de suavizarlo hasta 1:1 ó 1.5:1.

Prieto Bolívar (1953), desarrollo algunas fórmulas que facilitan el cálculos de los elementos requeridos para diseñar y posteriormente construir un banal; las cuales se detallan a continuación:

El ancho de la plataforma del banal depende de la pendiente del terreno y de la profundidad del horizonte A del suelo y se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{3h}{4p}$$

donde:

*C* : Ancho de la plataforma del banal (metros)

*h* : Espesor del horizonte A del suelo (metros)

*p* : Pendiente del terreno (metro por metro)

Hay que evitar que la profundidad de los cortes al construir el banal sobrepase el espesor del horizonte A del suelo.

El ancho del terraplén se determina al aplicar la siguiente ecuación:

$$T = C - h$$

donde:

*T* : Ancho del terraplén (metro)

*C* : Ancho de la plataforma del banal (metros)

*h* : Profundidad del horizonte A del suelo



La *anchura cultivable del bancal (A)* se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$A = T + C$$

El *ancho total del bancal* se puede determinar aplicando las siguientes fórmulas:

$$D = T + 2b + C$$

$$D = A + 2b$$

donde:

*D : Ancho total del bancal (metros)*

*T : Ancho del terraplén (metros)*

*b : Ancho del talud (metros)*

*C : Ancho de la plataforma del bancal (metros)*

*A : Anchura cultivable del bancal (metros)*

Las terrazas de banco se construyen en forma similar a las terrazas de base angosta, con la única diferencia que se recomienda empezar la construcción desde abajo hacia arriba.

Los bancales deben construirse comenzando por la parte alta del terreno y del desagüe hacia arriba, de esta forma si cae un aguacero durante el tiempo en que se construyen, el agua saldrá sin causar encharcamiento.

En ningún caso se debe comenzar la construcción de un sistema de bancales sin contar con una zona protegida en donde puedan desembocar, sin causar daño, las aguas que cada estructura transportará.

En la parte superior del terreno se debe construir un canal paralelo a los bancales con el fin de desviar las aguas de escorrentía de la zona alta y a 10 centímetros del borde del talud inferior sembrar una barrera viva de Limoncillo o Vetiver o cualquier planta apropiada que les dé estabilidad y resistencia; asimismo los taludes o contrahuellas se deben sembrar con vegetación densa y de poco levante (gramíneas).

En los siguientes cuadros se presentan valores de *distanciamiento para Terrazas de Bancos Continuas* (Tomado de Michaelson, 1980).

Pendiente del Terreno (%)	Ancho Total de la Plataforma (metros)							
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
	Distancia Inclined entre Terrazas (metros)							
20	3.1	3.7	4.3	4.9	5.6	6.2	6.8	7.4
22	3.2	3.8	4.4	5.1	5.7			
24	3.2	3.9	4.5	5.2	5.8			
26	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9			
28	3.4	4.0	4.6	5.3	5.9			
30	3.5	4.2	4.9	5.5	6.3			
32	3.6	4.3						
34	3.6	4.4						
36	3.7	4.5						
38	3.9	4.6						
40	3.9	4.7						

Pendiente del terreno (%)	Ancho Total de la Terraza (metros)
50	2.64
52	2.70
54	2.76
56	2.82
58	2.88
60	2.94

## 6.21.2.10.4.5.- TERRAZAS DE BANCOS ALTERNOS

Este tipo de terraza *consiste en la construcción de bancales, espaciados a intervalos regulares, entre los cuales se deja el terreno natural sin movimiento de tierra.*

Este sistema de terrazas se diseñá con el *objetivo de mejorar la configuración del terreno y lograr una mejor disposición de éste para las labores agrícolas; se recomienda utilizarlas en terrenos con pendiente del 6% o más y donde el suelo sea profundo.*

## 6.21.2.10.4.5.1.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El uso de este tipo de terrazas presenta las siguientes *ventajas:*

- . Facilitan el laboreo del terreno, especialmente cuando el material de relleno se obtiene de la parte baja
- . La construcción de la terraza con el material de préstamo de la parte baja, disminuye la pendiente promedio del área laborable entre terrazas, especialmente donde ésta es muy fuerte
- . Este sistema de terrazas construídas en suelos profundos, favorece la formación de terrazas de banco, si las labores de cultivo se realizan volteando el suelo hacia abajo

Entre las *limitaciones* que presentan este tipo de terrazas figuran las siguientes:

- . Los taludes de la terraza deben mantenerse empastados, se deben controlar las malas hierbas y los animales roedores
- . Es difícil establecerlas en suelos poco profundos o de materiales arenosos

## 6.21.2.11.- TERRAZAS INDIVIDUALES

## 6.21.2.11.1.- GENERALIDADES

Las terrazas individuales constituyen una *modificación de las terrazas de banco o bancales, se utilizan en huertos frutales, cafetales u otros cultivos permanentes.*

Estas estructuras *se localizan siguiendo las curvas a nivel del terreno y se construyen en forma alterna de una curva a la siguiente, tratando de interceptar los escurrimientos superficiales.*

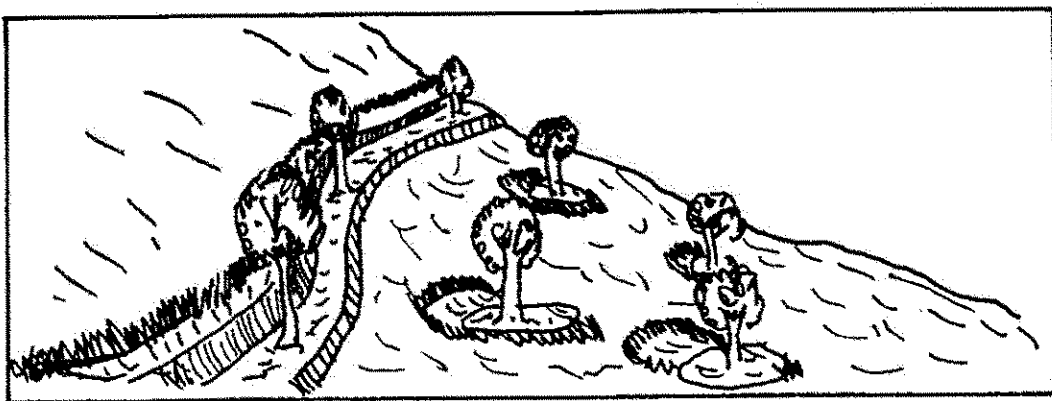
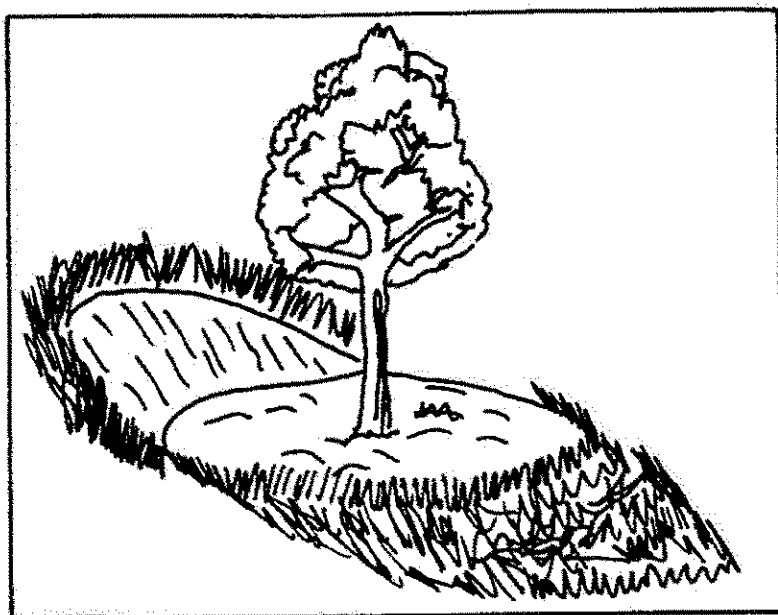
Son terrazas de base circular cuya función consiste en *aislar cada árbol de la pendiente general del terreno; son obras complementarias que se pueden utilizar con terrazas angostas o acequias de ladera.*

Cada terraza individual constituye un obstáculo que reducirá la velocidad del agua de escorrentía causando la sedimentación del suelo que ésta lleva en suspensión y permitirá una mayor infiltración del agua en la zona donde crecerán las raíces de los árboles o arbustos.

Estas estructuras se recomienda utilizarlas especialmente en *zonas secas, de escasa lluvia en las cuales es necesario conservar la mayor cantidad de humedad en el terreno. Cuando se utilicen en laderas con pendiente entre 12 y 60% y zonas húmedas ellas no tendrán la capacidad de retener toda el agua de lluvia; en este caso será necesario combinarlas con estructuras que transporten agua como por ejemplo acequias de ladera o canales de desviación.*

No se recomienda utilizar estas estructuras en terrenos que posean un primer horizonte de suelo con un espesor menor de 30 centímetros.

En las siguiente figuras se muestra la *vista perspectiva de Terrazas Individuales*



## 6.21.2.11.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término *Terraza Individual*:

- . Consiste en un pequeño terraplén circular u ovalado que se construye alrededor de cada árbol con una inclinación del 5 al 10% contraria a la dirección de la pendiente del terreno
- . Plataforma circular horizontal en cuyo centro se siembra un árbol
- . Pequeño banco circular o cuadrado que se construye alrededor de cada árbol con una inclinación de 5% contra la dirección de la pendiente del terreno
- . Pequeñas plataformas circulares o redondas trazadas a tres bolillos siguiendo la orientación de líneas a través de la pendiente del terreno

## 6.21.2.11.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las *ventajas* que presentan las terrazas individuales podemos mencionar las siguientes:

- . Acción antierosiva
- . Reducen la erosión del suelo
- . Permiten la captación y conservación de la humedad, la cual queda disponible para el árbol
- . Permiten un mejor aprovechamiento de los fertilizantes e insumos, en terrenos con pendientes elevadas
- . Facilitan el trabajo de manejo del cultivo y la movilización dentro de los predios
- . Facilitan la recolección de los frutos

Alguna de las *limitantes* que presentan este tipo de estructuras se citan a continuación:

- . Se requiere de bastante tiempo para su construcción
- . Costo de construcción es alto

Al establecerlas, se limita artificialmente la zona de crecimiento de las raíces de los árboles y si la terraza tiene un diámetro reducido, como sucede en terrenos con mucha pendiente esto se reflejará en condiciones desfavorables para el desarrollo normal de la planta

Cuando se construyen alrededor de árboles adultos pueden destruirse muchas raíces absorbentes, lo cual trae como consecuencia un desequilibrio fisiológico en la planta

Hay problemas de utilizarlas en plantaciones de plátanos, ya que el ahijamiento de éstos produce el desplazamiento de la mata de su sitio original

No se pueden construir en terrenos poco profundos

Su uso es factible donde la mano de obra es barata

#### 6.21.2.11.4.- ESPECIFICACIONES Y CONSTRUCCION

Cada terraza individual *consiste de una plataforma circular de 1.5 metros de diámetro que se compone de una parte de corte y un relleno bien compactado, cuentan con un pequeño desagüe hacia un lado.*

A los taludes en general se les da una inclinación de 0.75:1 a 1:1 según las características del suelo, los cuales se protegen con vegetación rastrera con el objetivo de estabilizarlos.

El distanciamiento entre cada terraza dependerá del tamaño de la planta a sembrar, entre más desarrollo tenga la copa de la planta mayor será la distancia a utilizar. Por ejemplo se recomienda emplear una distancia de 9 metros cuando se utilicen para mango o aguacate, 6 metros para cítricos ó 3 metros para café.

El espaciamiento entre las terrazas debe ser protegido con cobertura vegetal permanente (pasto natural o leguminosas).

El borde externo de la terraza se puede reforzar con piedra, constituyéndose de esta forma en un microtalud.

Deben construirse antes de verificar las siembra; en la época en que el suelo contenga un nivel alto de humedad para poder facilitar la compactación de los taludes y el árbol debe colocarse en el centro de la estructura.

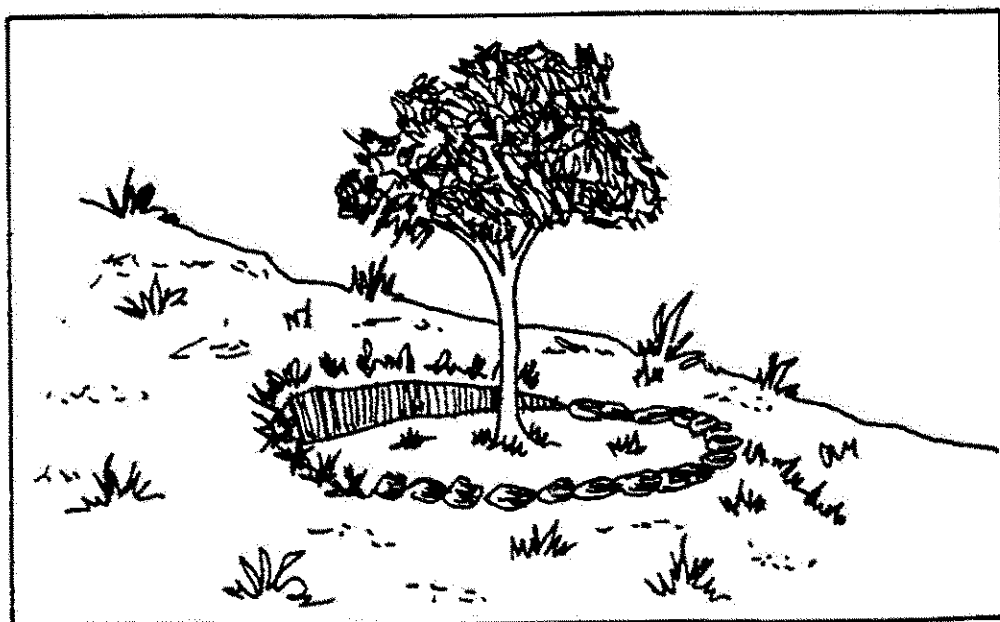
El diámetro de la terraza y la profundidad de los cortes a utilizar dependerán de la pendiente del terreno.

Se recomienda *esparcir rastrojos sobre las terrazas para controlar la evaporación y proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia.*

En el siguiente cuadro se presentan algunas *especificaciones de las Terrazas Individuales* más comúnmente usadas (Tomado de Suárez de Castro, 1982)

<i>Pendiente del Terreno (%)</i>	<i>Diámetro total de la terraza (metros)</i>	<i>Diámetro del corte (metros)</i>	<i>Diámetro del Terraplén (metros)</i>	<i>Profundidad del Corte (cm)</i>
< 20	2	1	1	30
20 - 30	1.8	0.9	0.9	hasta 36
30 - 40	1.5	0.75	0.75	hasta 38
40 - 60	1.2	0.6	0.6	hasta 35

En la siguiente figura se muestra una *Terraza Individual con Barrera Viva en su extremo superior*. El corte en la tierra permite que el agua percolando subsuperficialmente sea atrapada por la terraza





Para *construir las terrazas individuales* se recomienda seguir los siguientes *pasos*:

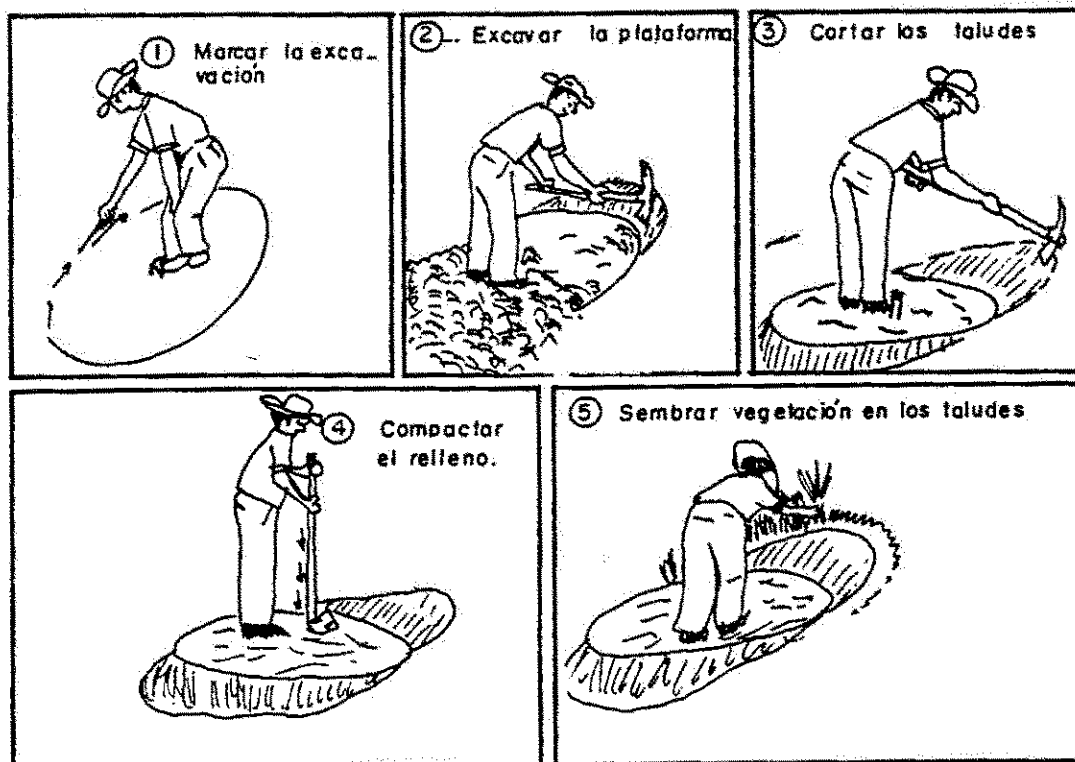
Determinar el diámetro que tendrá la estructura, este se debe marcar alrededor del arbusto o árbol en que se utilizará o señalar con una estaca el sitio donde se sembrará el árbol

Hacer un corte vertical hasta que todo el fondo de la terraza esté al mismo nivel del punto donde está o va a estar la planta, desplazando la tierra hacia el talud inferior. Esta tierra debe acomodarse con cuidado, procurando quede bien compacta

Excavar el desnivel del fondo del plato, el cual debe tener una pendiente inversa de 5 - 10% contraria a la pendiente del terreno y por último excavar el talud

Sembrar vegetación en los taludes para evitar daños y antes de plantar los arbolitos se debe hacer un hoyo bien grande y aplicar abono orgánico

En las siguientes figuras se muestra la *secuencia de los pasos a realizar para construir una Terraza Individual*



## 6.21.2.12.- ACEQUIAS DE LADERA

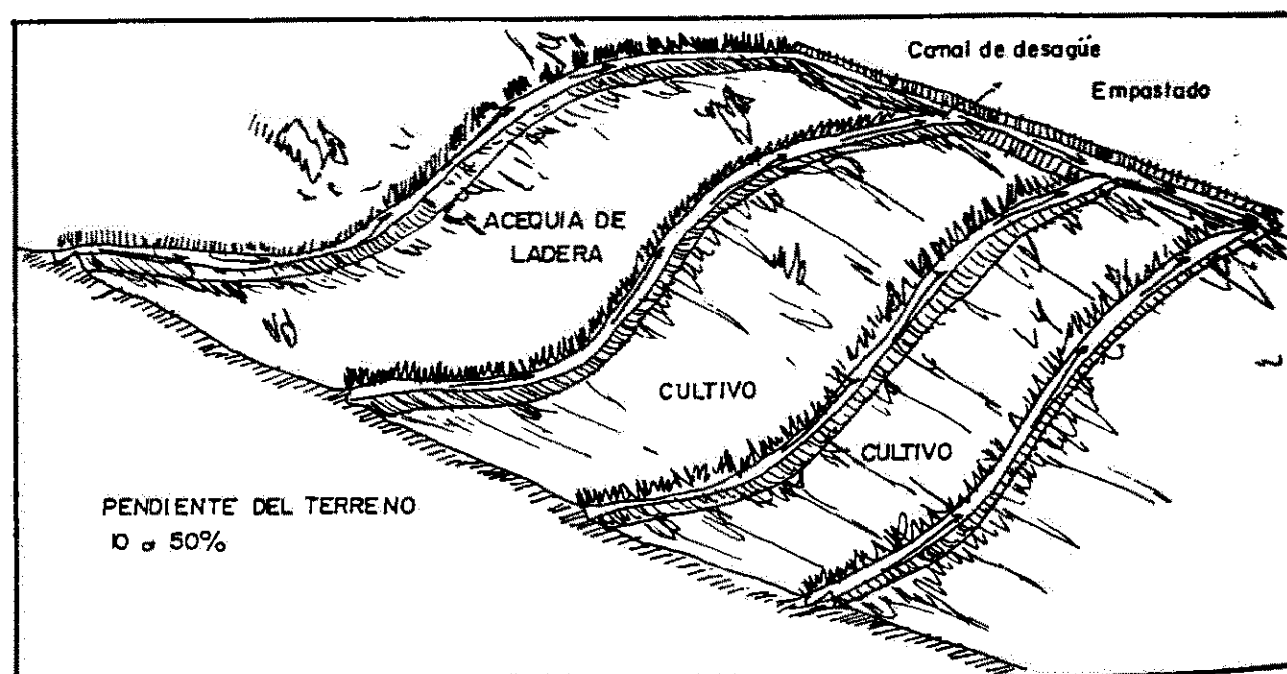
## 6.21.2.12.1.- GENERALIDADES

Las acequias de ladera también denominadas Zanjas de Ladera, son estructuras mecánicas utilizadas para el control de la erosión hídrica; constituyen una forma muy efectiva de capturar el agua de escorrentía y la que viene percolando a través del suelo, la que puede ser acumulada in situ, evacuada hacia afuera del terreno o hacia tanques de almacenamiento.

Se recomienda utilizar esta practica en regiones de mucha lluvia y en terrenos con pendiente entre el 10 y el 50%, donde el suelo sea poco profundo (menor de 50 centímetros), pesado y poco permeable.

Estas estructuras actúan de forma similar a una terraza de desagüe, ya que dividen la longitud de la pendiente del terreno en tramos, cortando la escorrentía antes de que adquiera velocidades perjudiciales y desalojan lentamente del terreno los excesos de agua llevándolos a desagües bien protegidos.

En la siguiente figura se presenta esquemáticamente un Sistema de Acequias de Ladera

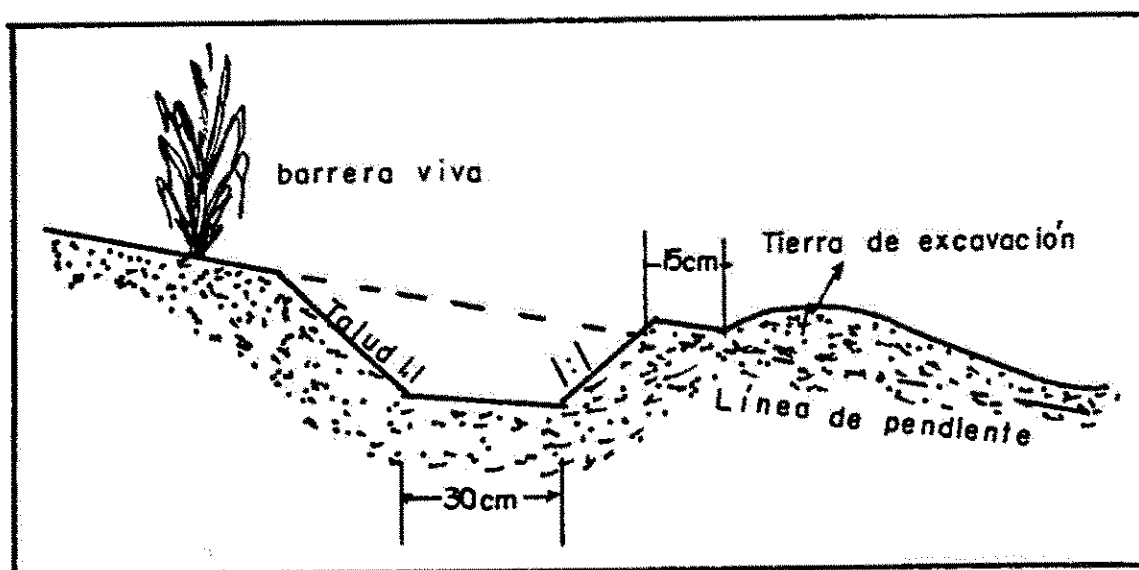


## 6.21.2.12.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término *Acequia de Laderas*:

- Canales angostos trazados transversalmente a la pendiente del terreno a un intervalo predeterminado con el objetivo de interceptar el agua de escorrentía, para luego almacenarla o evacuarla de la parcela en forma controlada
- Zanjas de infiltración construidas en curvas a nivel y a distancia determinada
- Canales de 30 centímetros de ancho en el fondo, con taludes de 1:1 y de profundidad y desnivel variables, los que se construyen a distancias regulares, de acuerdo con la pendiente y con el uso del terreno

En la siguiente figura se muestra la *sección transversal de una Acequia de Ladera*



## 6.21.2.12.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Las *ventajas* que se obtienen al establecer en un terreno este tipo de practica son las siguientes:

- . Reducen la erosión al disminuir la velocidad de la escorrentía
- . Construida a nivel, capta el agua de la escorrentía y la guarda hasta que entre lentamente en el suelo
- . Construida a desnivel, es muy ventajosa para parcelas con suelos pesados, porque el agua que sobra sale de la parcela en forma controlada
- . Cuando se utilizan en zonas secas sirven para acumular agua dentro de los predios de los cultivos
- . Si se utilizan en zonas húmedas eliminan el excedente de agua de la parcela sin causar cárcavas

Algunas de las *limitantes* que presentan las acequias de ladera se mencionan a continuación:

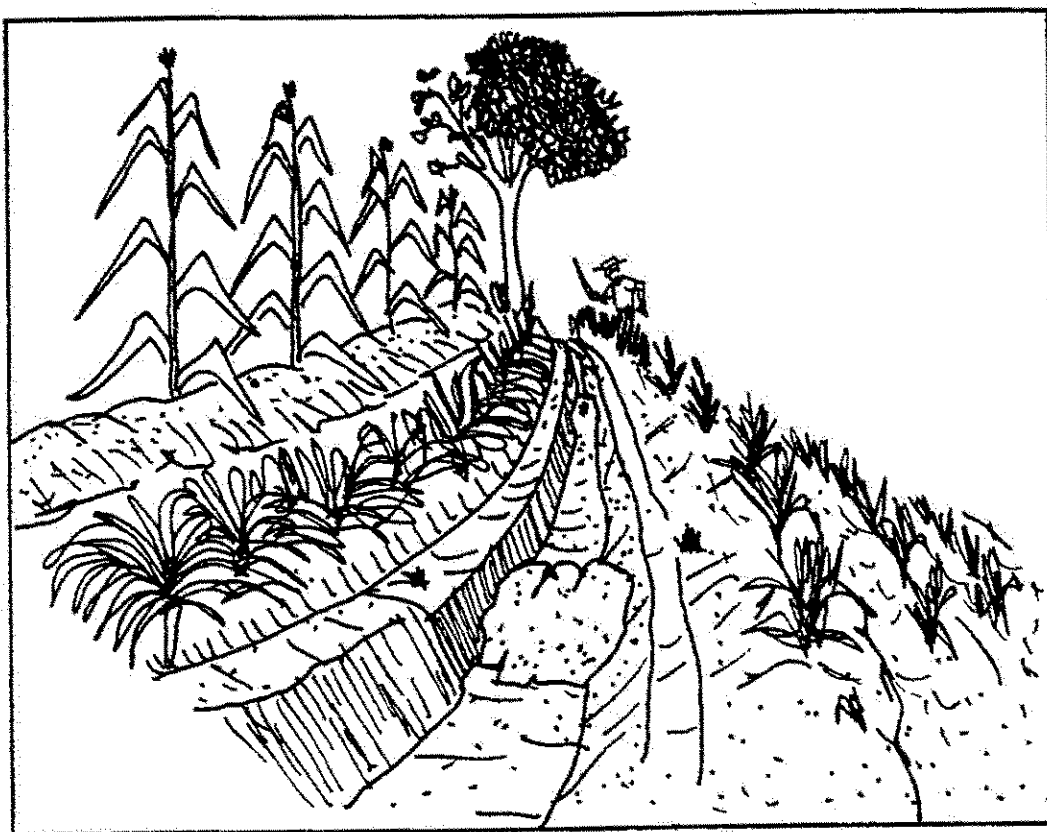
- . Reducen el área cultivable
- . Dificultan el movimiento de los campesinos cuando transportan insumos agrícolas
- . Se requiere de mano de obra para su construcción
- . Requieren de mantenimiento para su buen funcionamiento
- . Si no se construyen bien, pueden formarse cárcavas
- . No se pueden aplicar en suelos pedregosos, porque exigen demasiado esfuerzo
- . El espacio donde se hacen las zanjias, no se puede aprovechar para la siembra de cultivos

## 6.21.2.12.4.- DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO

En zonas de alta intensidad de lluvia se recomienda que las acequias de ladera sean trazadas con un desnivel entre 0.5 y 1% hacia un desagüe natural o canal debidamente protegido, de esta forma su función será la de evacuar los excesos de agua del terreno a velocidades no erosivas.

En cambio en zonas de baja precipitación, estas estructuras deben ser trazadas a nivel con el propósito de conservar la humedad, para ello es necesario conocer el régimen pluviométrico, la distribución e intensidad de las lluvias en la zona, la textura del suelo, la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua en el suelo. Para poder cumplir con este objetivo es preciso colocar tabiques ó barreras de tierra a lo largo de la zanja para facilitar que el agua se acumule en la estructura.

En la siguiente figura se muestra la disposición de una Zanja de Ladera; con lomillo y barrera viva en el borde superior como complemento y protección. Los cúmulos de tierra puestos como tabiques para detener el movimiento lateral del agua dentro de la zanja, fomentan la infiltración in situ



Todas las acequias deben desaguar en un sitio protegido con vegetación, en donde se este seguro que no van a causar daño. Se recomienda localizar un desagüe conveniente para ellas, antes de construirlas.

El trazo de las acequias se debe empezar del desagüe hacia arriba de manera que el fondo de estas quede tan alto que no haya peligro de que les penetre el agua que baja por el desagüe.

Las acequias de ladera son difíciles de construir en plantaciones perennes ya establecidas; preferiblemente deben establecerse antes de sembrar las nuevas plantaciones, de esta manera servirán de guía para la siembra en contorno y a la vez el suelo se protege de la erosión durante los primeros años de la plantación, en los cuales es mayor el peligro de erosión.

La construcción de estas obras debe empezarse por la parte más alta del terreno, esto es muy importante de recordar ya que de otro modo se podría dañar toda la obra si llueve antes de terminarla. Pueden construirse con ayuda de un arado o sólo con herramientas manuales.

A 15 centímetros del borde superior y a todo lo largo de la estructura, se debe sembrar una barrera viva ó una barrera de piedra con barrera viva con el objetivo de filtrar el agua que llegue al canal y de esta forma disminuir la cantidad de material que en él se deposite, garantizando así su durabilidad.

Estas estructuras deben mantenerse limpias de hierbas como de restos vegetales; después de aguaceros fuertes deben inspeccionarse para realizar las reparaciones que necesiten ya que si no se mantienen en forma correcta pueden desbordarse y causar grandes daños.

El intervalo o distanciamiento entre las acequias varía con la pendiente del terreno y con la clase de cultivo que en éste se tenga. Por ejemplo la separación disminuye en terrenos con pendiente ocupados por cultivos limpios, los cuales ofrecen poca protección al suelo.

En el siguiente cuadro se presentan valores de *distanciamiento para Acequias de Ladera de acuerdo a la pendiente del terreno* (Modificado del Servicio de Conservación de Suelos, USDA, 1981)

<i>Pendiente del Terreno (%)</i>	<i>Distancia Inclínada entre Acequias (metros)</i>
12	10.5
14	10.5
16	10
18	10
20	9.5
22	9
24	9
26	8.5
28	8.5
30	8
32	8
34	7.5
36	7
38	7
40	6.5
42	6.5
44	6
46	6
48	6
50	6

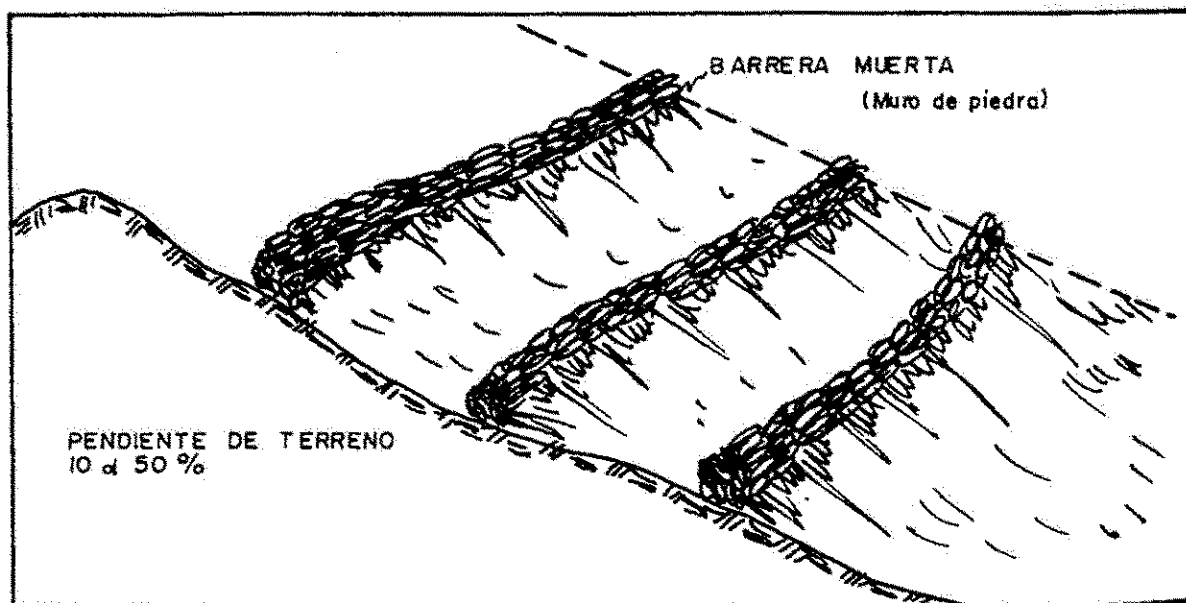
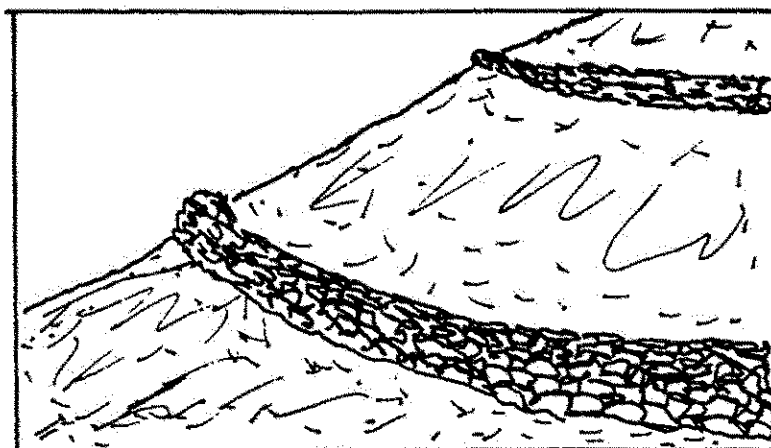
## 6.21.2.13.- BARRERAS DE PIEDRA

## 6.21.2.13.1.- GENERALIDADES

Las barreras de piedra también denominadas *Muros de Retención* se recomiendan establecer en suelos en que la pedregosidad superficial en las áreas de cultivo puede ser removible y en tierras de ladera con pendientes menores de 50%.

Estas estructuras se deben trazar y construir siguiendo las curvas a nivel con el objetivo de atrapar y retener en forma de deposición los sedimentos provenientes de la parte superior de los terrenos y deben ser combinadas con medidas agronómicas.

En la siguiente figura se muestra una vista perspectiva de una Barrera de Piedra





## 6.21.2.13.2.- DEFINICION

A continuación se presentan algunas definiciones del término *Barrera de Piedra*:

- . Barrera de material muerto puesta en sentido transversal a la pendiente del terreno con el propósito de disminuir la velocidad del agua de escorrentía y a la vez causar la deposición de sedimentos gruesos
- . Muros o barreras de piedra que se construyen a lo largo de las curvas a nivel y a distancia determinada

## 6.21.2.13.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Algunas *ventajas* que brindan este tipo de estructuras se mencionan a continuación:

- . Reducen la erosión, al disminuir la velocidad del agua y favorecer la retención del suelo
- . Se aprovecha la piedra que en muchas parcelas, abunda y estorba
- . Facilitan las labores de cultivo, al dejar el terreno libre de piedras
- . Permanencia una vez establecidas
- . Pueden ser implementadas durante la estación seca, cuando la demanda y costo de oportunidad de la mano de obra familiar es generalmente muy baja
- . Favorecen la formación progresiva de terrazas

Entre las *limitantes* que presentan las barreras de piedra cabe mencionar las siguientes:

- . Se requiere mucha mano de obra para arrancar, mover y arreglar las piedras
- . El resultado a corto plazo, no es inmediato
- . Si el productor inicia esta obra sin estar seguro y consciente de lo que hace, puede perder fácilmente la motivación y abandonar el trabajo
- . Solo se pueden implementar en tierras pedregosas
- . Demandan mucha mano de obra al inicio de su establecimiento

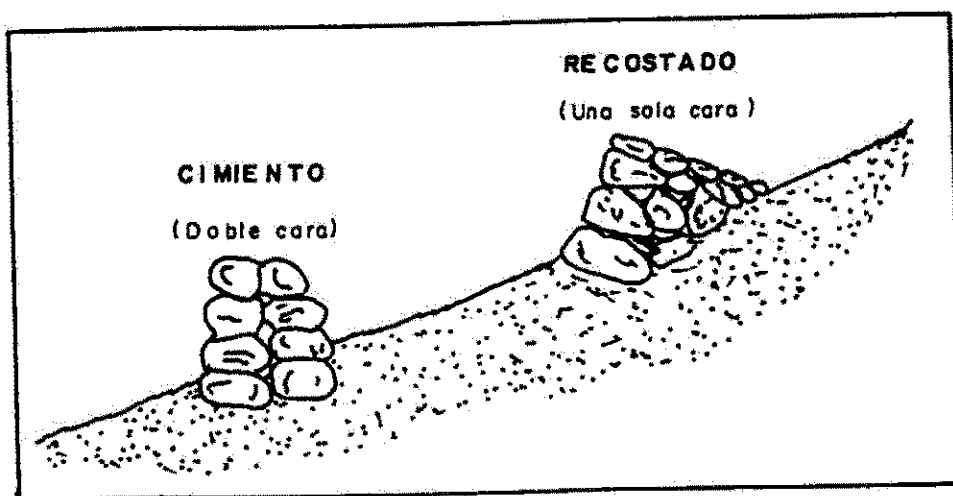
## 6.21.2.13.4.- CONSTRUCCION

Al construir una barrera de piedras en un terreno es recomendable que esta tenga una altura máxima de un metro, aunque pueden hacerse más altas.

Al establecer un mayor número de barreras con una altura menor, se reduce el distanciamiento entre cada una de ellas, lográndose un mejor aprovechamiento de la piedra y una mayor protección del terreno.

La base de la barrera debe estar bien enterrada (empotrada) en la tierra; para ello se debe excavar una plataforma o trinchera de unos 20 centímetros de profundidad a lo largo de la curva a nivel para ubicar la primera línea de piedra, el ancho de la base debe tener una relación de 60% de la altura de la misma.

En la figura que se muestra a continuación se presentan los Tipos de Barreras de Piedra que se pueden construir



Si contamos con piedras grandes se pueden hacer barreras de doble cara (tipo cimiento), mientras que con piedras pequeñas o muy redondas es recomendable hacer muros de forma recostada, los que son más fáciles de construir, requieren menos técnica y son más rápidos de levantar, por lo que su construcción es más económica.

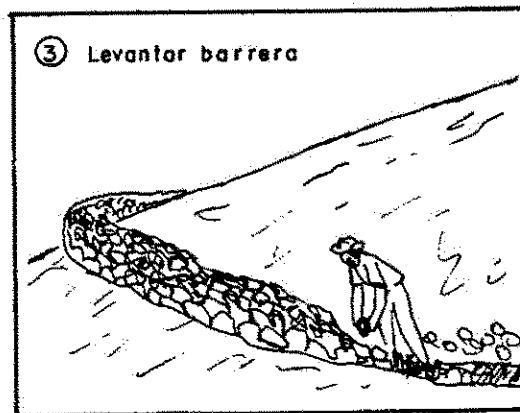
Los *pasos* que se deben seguir para poder *construir Muros de Contención* en un terreno determinado se detallan brevemente a continuación:

Sacar y recolectar todas las piedras que se encuentren en la faja arriba de curva trazada en el terreno

Abrir una trinchera en la línea trazada, donde se acomodarán las piedras más grande que servirán de cimiento para la barrera

Acomodar las piedras con mucho cuidado, procurando dejar el menor espacio posible entre ellas para evitar que se filtre el agua y se formen corrientes que puedan derrumbar el muro; si no se cuenta con suficientes piedras pequeñas para rellenar los vacios entre las piedras, se puede echar tierra al lado superior de la barrera para rellenarlos

En las siguientes figuras se muestran los pasos antes descritos

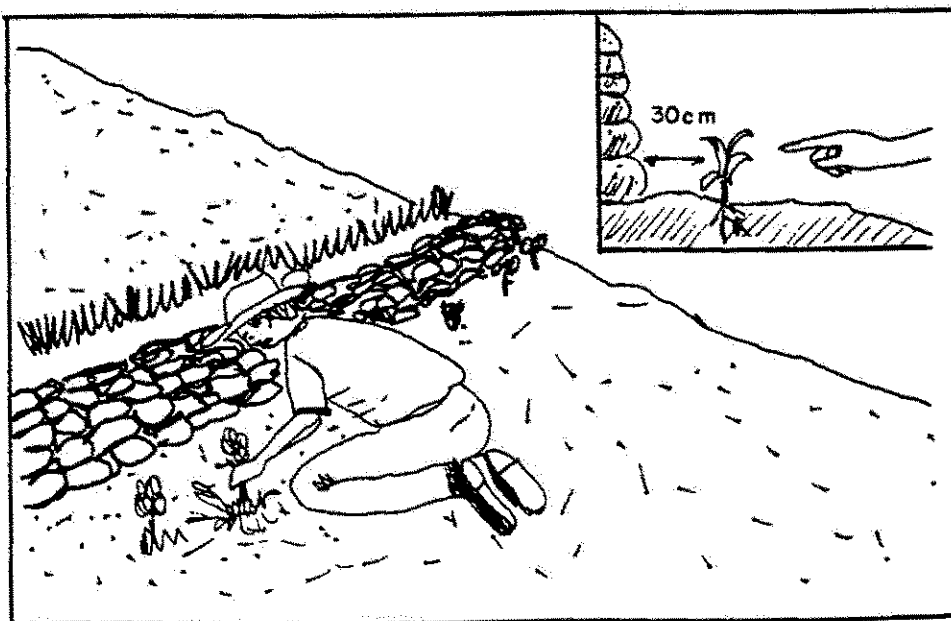


## 6.21.2.13.5.- PROTECCION Y MANTENIMIENTO

Algunos de los aspectos que se deben tomar en cuenta para la protección y mantenimiento de este tipo de estructuras se mencionan a continuación:

- . Recolectar las piedras que se caigan del muro
- . Revisar la barrera después de las primeras lluvias con el objetivo de ubicar cualquier seña de corrientes de agua
- . En los lugares donde se detecte el paso del agua, se recomienda rellenar este vacío con piedras pequeña o tierra, procurando tapar el hoyo del lado superior (pendiente arriba) de la barrera
- . Sembrar una barrera viva encima de la corona de la barrera
- . Cada año hay que levantar la barrera con más piedras
- . Para evitar derrumbes del muro se recomienda dejar al pie una faja de protección de unos 30 centímetros de ancho donde se pueda sembrar una hilera de arbustos o arbolitos que pueden servir para leña

En la siguiente figura se presentan algunos de los *aspectos* señalados anteriormente para la *protección de las Barreras de Piedra*



En la siguiente tabla se presentan valores de *distanciamiento* que pueden utilizarse para establecer *Barreras de Piedra* (Tomado de Velázquez, D., 1992)

<i>Pendiente del Terreno (%)</i>	<i>Distancia Horizontal en metros entre Barrera</i>
5	20
10	15
15	10
20	9
25	8
30	6
> 35	

#### 6.21.2.14.- CUBAS DE INFILTRACION

Las cubas de infiltración se denominan también *Tinas Ciegas* o *Acequias Discontinuas*; estas son zanjas de infiltración rectangulares que se colocan a tres bolillos en terreno con cultivos perennes con el objetivo de recolectar toda el agua que escurre, se combinan con barrera viva las que se establecen en la parte superior de la tina.

El objetivo que se persigue al establecer estas obras es la conservación de la humedad en el suelo, con lo cual se aumenta el nivel freático en las cuencas hidrográficas.

Entre las *limitantes* que estas estructuras presentan cabe destacar el hecho de que *se requiere de mucha mano de obra para su construcción, mantenimiento y frecuentemente se azolvan.*

## 6.21.2.15.- CANALES DE DESVIACION

Las prácticas de conservación de suelo tales como el cultivo en contorno, las terrazas etc., no pueden aplicarse con éxito en un terreno bajo cultivo si la escorrentía de áreas colocadas en un nivel más alto está contribuyendo al proceso erosivo en tales terrenos.

Para evitar esto se recurre a la construcción de Canales de Desviación, también llamados *Cauces de Desviación*.

Un Canal de Desviación *es un cauce aisladamente diseñado construido a través de un declive para conducir el agua a un desagüe seguro.*

Los canales de desviación se *utilizan* para:

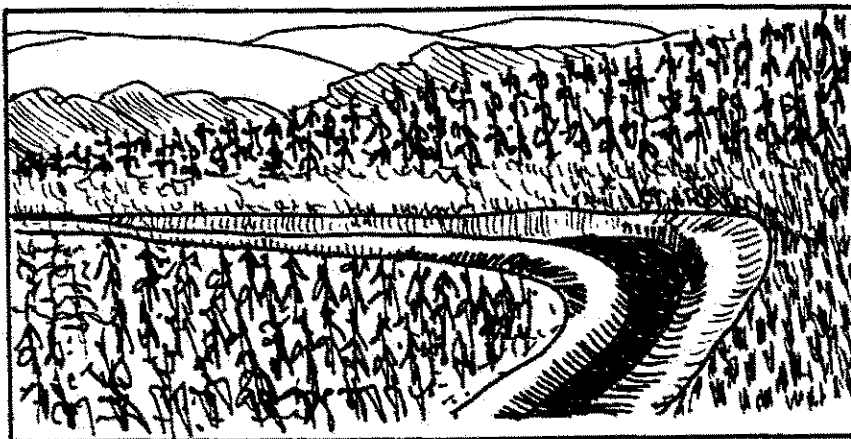
- . Cortar el flujo del agua de escorrentía de predios más altos del terreno y llevarla a lugares bien protegidos
- . Desviar el agua de escurrimiento que desciende por una ladera, impidiendo que inunde las tierras bajas situadas al pie de dicha ladera
- . Impedir que lleguen corrientes de agua a los edificios de la finca
- . Desviar el agua que se dirige a cárcavas activas y conducirla adecuadamente a un desagüe seguro

Estos canales por lo general *tienen una sección trapezoidal* y es preciso calcularlos y diseñarlos individualmente para las condiciones en que van a trabajar.

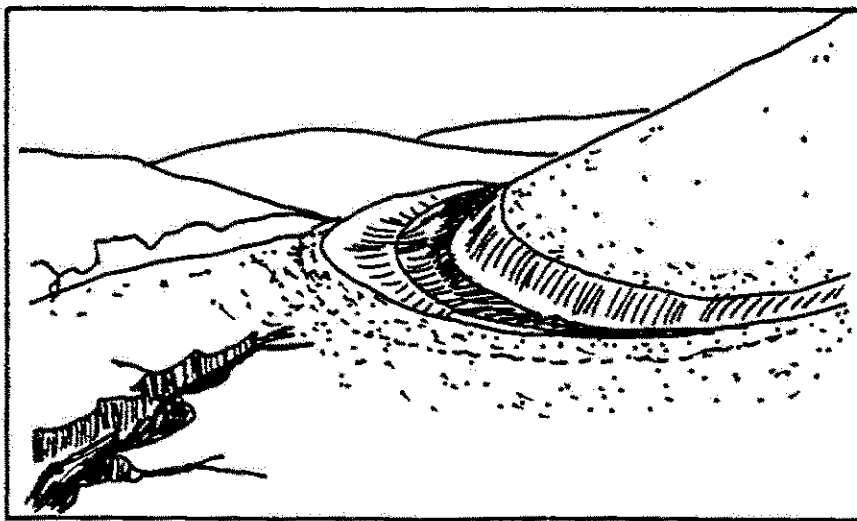
Estas estructuras *son más efectivas cuando sirven áreas que están cubiertas de bosque o de pasto, ya que en estas condiciones no ocurre sedimentación de suelo en el canal, lo cual constituye la causa más frecuente de su fracaso.*

Cuando estos canales se *utilicen en terrenos ocupados por cultivos limpios, es preciso dejar una faja amortiguadora de varios metros de ancho sobre el borde superior del mismo, la que debe mantenerse sembrada de pasto para que el agua de escorrentía filtre, evitándose así costosos trabajos de mantenimiento, asegurando con ello un buen funcionamiento del mismo.*

En la siguiente figura se muestra un Canal de Desviación que se ha establecido en un terreno ocupado por un cultivo limpio.

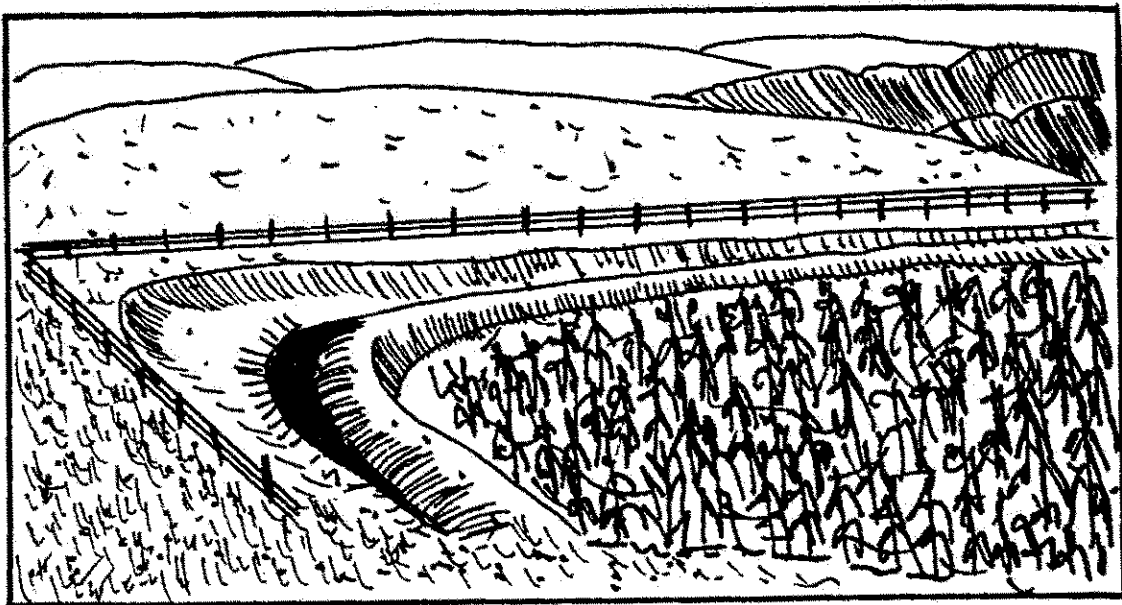


En el caso de utilizar este tipo de estructura para desviar agua de una cárcava, el canal debe localizarse a una distancia prudencial de la cabecera o extremo superior de la cárcava, de tal forma que quede construido sobre terreno firme; para ello la estructura debe quedar a una distancia superior a tres veces la profundidad que tenga la cárcava. Lo antes expuesto se puede apreciar en la siguiente figura



Si se desean proteger áreas bajas sembradas con cultivo limpio de la escorrentía de áreas colocadas en la parte alta de la vertiente, el canal deberá construirse a la menor distancia que sea posible de la zona que se quiere proteger.

La figura que se presenta a continuación nos muestra un Canal de Desviación construido para proteger un lote bajo, sembrado con un cultivo limpio, de la escorrentía de un potrero.





6.21.2.16.- *PRACTICAS DE CONTROL DE EROSION EN CARCAVAS*6.21.2.16.1.- *GENERALIDADES*

En el capítulo cuarto de este texto señalamos que una de las formas más notables de erosión hídrica es la Erosión en Cárcavas, la cual ocurre cuando la escorrentía se concentra en depresiones mal protegidas y el agua fluye por largos períodos en forma de caudales voluminosos que adquieren gran velocidad.

Por lo tanto podemos afirmar que las cárcavas representan la forma más espectacular de erosión acelerada de los suelos; dicho estado se considera comúnmente como una etapa avanzada de erosión.

Se han llevado a cabo numerosos intentos para agrupar las cárcavas en diversas clases y señalar los tratamientos más adecuados para cada clase; para ello hay que tomar en cuenta varias variables para lograr en la práctica obtener buenos resultados.

El mejor tratamiento para una cárcava dada dependerá de la magnitud y situación de la misma, de las pendientes en sus márgenes y en su fondo, de la extensión, forma, pendiente predominante, cobertura y condiciones de desagüe de la vertiente a la cual pertenece dicha cárcava, del tipo de suelo y de si la cárcava ha de ser totalmente rellenada y restituida a los usos agrícolas ó solamente se ha de llenar parcialmente y utilizarse como cauce de desagüe o bien si ha de ser simplemente protegida contra ulteriores prolongaciones en su acción destructora.

Si el costo de control de las cárcavas es superior al valor de la tierra protegida, la labor podrá parecer no justificada, a menos que sirva para proteger tierras adyacentes o represas, canales, edificios, puentes, carreteras u otros bienes que queden corriente abajo.

El principal objetivo que se persigue con el control de una cárcava, es disminuir la velocidad del agua de escorrentía para reducir al máximo su poder erosivo y evitar de esta forma su crecimiento en profundidad y anchura.

El Control de cárcavas es solo una parte del control Integral de Cuencas Hidrográficas, ya que este problema para ser resuelto en forma completa, exige un tratamiento adecuado del área total drenada, debido a que si se atiende exclusivamente a las cárcavas existentes, se omite atacar las causas que las originan.

Este aspecto es de fundamental importancia para lograr el éxito completo en el tratamiento de zonas dañadas por la presencia de cárcavas.

El principio fundamental para controlar las cárcavas es reducir en todo lo posible la cantidad de agua que discurre por ellas.

La cabecera de la cárcava debe protegerse completamente con zanjas de intercepción, que distribuyan el agua por toda la superficie tratada; ya que esta parte es el punto más crítico donde cae la escorrentía. Es necesario además instalar zanjas de desviación a lo largo de los lados de las cárcavas, a pequeños intervalos y dispuestas en forma de espina de pescado, para desviar el agua de las pendientes situadas a los lados de la misma y distribuirla hacia una zona protegida.

Si la cárcava tiene perfil triangular (forma de V), los trabajos indicados anteriormente son fáciles de realizar. Si tiene perfil trapezoidal (forma de U), con paredes derechas, las zanjas han de comenzar lo más cerca posible del extremo superior de las paredes verticales; también en este caso es imperativo proteger toda la superficie situada por encima de la cárcava y a lo largo de ella.

En el fondo de la cárcava se deben construir estructuras de obturación y colectores de sedimentos, utilizando en la medida de lo posible, materiales que se encuentren en la cárcava misma; para ello se pueden utilizar piedras o vegetación viva.

Si las paredes de la cárcava son verticales, es necesario hacer que se derrumben para que la cárcava adquiera sección triangular para facilitar la implementación de las estructuras antes señaladas. Se debe evitar la instalación de estructuras complicadas de ingeniería, excepto en casos muy especiales.

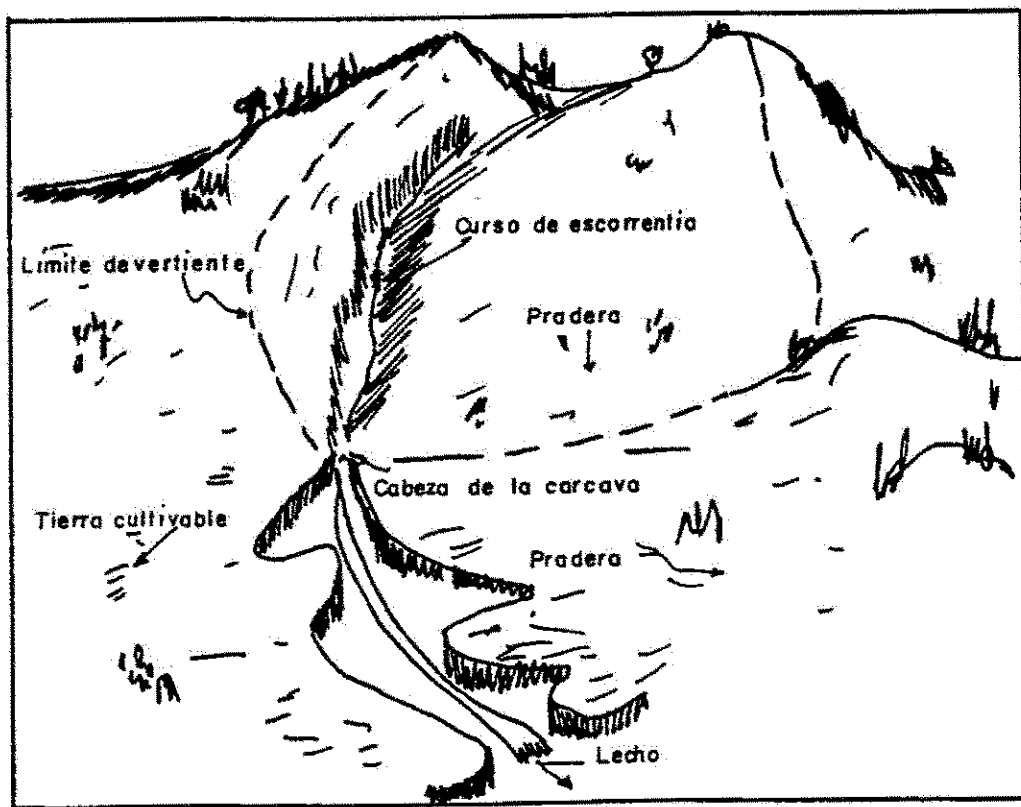
Si una cárcava no es demasiado profunda y está situada en una zona donde interfiere con el cultivo, esta se puede rellenar ya sea a mano o con maquinaria. Esta solución puede aplicarse cuando la zona está cortada sólo por una cárcava o por un pequeño número de ellas.

Las cárcavas rellenas deben protegerse cuidadosamente contra la entrada de agua mediante zanjas de intercepción y lo mismo debe hacerse cuando estas se transformen en canales vegetados. Las zanjas de intercepción deben mantenerse hasta que se haya establecido una cubierta vegetal protectora completa; sólo entonces se podrá utilizar la antigua cárcava como canal vegetado.

En síntesis podemos afirmar que el objetivo del control de cárcavas es establecer de nuevo el equilibrio en el cauce a través de una vegetación estable y además tomar medidas a corto y a largo plazo, ya que es muy difícil y a veces imposible alcanzar el establecimiento de la vegetación directamente en una cárcava activa.

En primer lugar debemos modificar las condiciones de la cárcava (medidas a corto plazo) para permitir el establecimiento de una vegetación estable a largo plazo; por lo que el control efectivo de la misma debe tratar de estabilizar tanto el gradiente del cauce como el corte de la cabecera.

En la siguiente figura se muestra la vista perspectiva de una Cárcava



**6.21.2.16.2.- ETAPAS PARA EL CONTROL DE CARCAVAS**

Las etapas que se seguir para realizar el control de una cárcavas son las siguientes:

- . Prevenir y detener la erosión remontante, para evitar el crecimiento de la cárcava aguas arriba, a esta operación se le denomina "**Cabeceo de Torrenteras**"
- . Reducir la velocidad de los escurrimientos superficiales que erosionan el fondo y los taludes de la cárcava, mediante el uso de estructuras denominadas "**Presas o Represas de Control de Azolves**"; también se les llaman "**Muros o Diques de Recuperación**"
- . Rellenar y estabilizar la cárcava con los sedimentos captados por las estructuras y posteriormente tratar de desarrollar la vegetación nativa de la zona en la misma

A continuación describiremos brevemente cada una de las etapas antes mencionadas:

**6.21.2.16.2.1.- CABECEO DE TORRENTERAS**

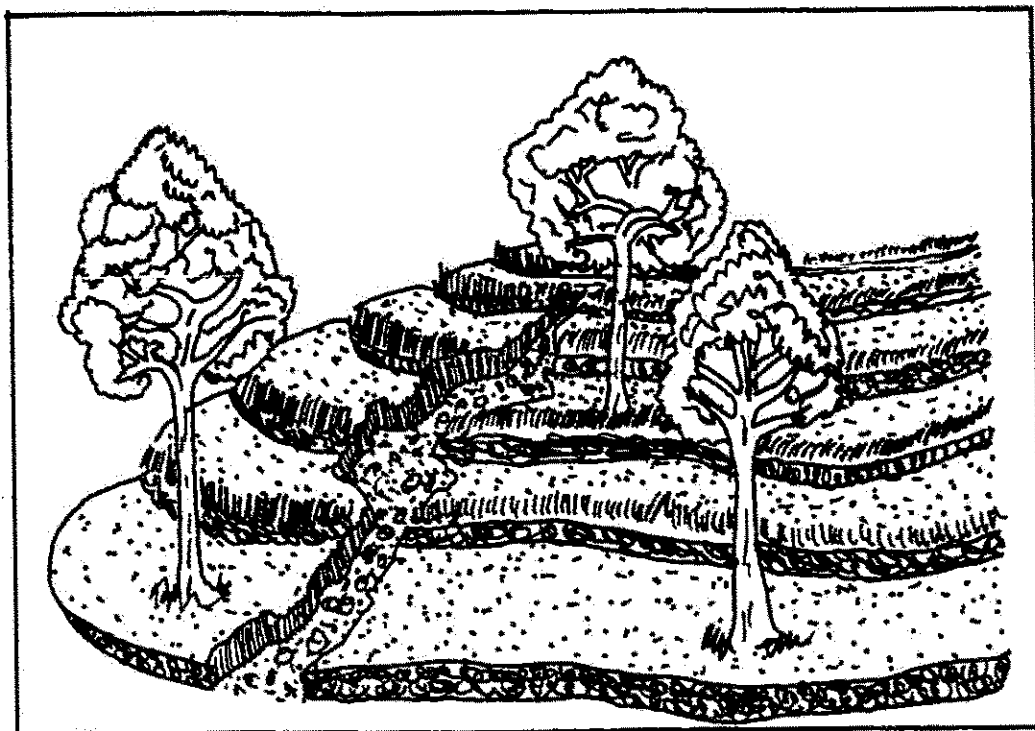
El área contribuyente (microcuenca) de la cárcava es toda el área que drena hacia la misma; es importante proteger esta zona para reducir la cantidad y velocidad de las aguas que se concentren en la cárcava.

Para proteger el área contribuyente se debe establecer o aumentar la cobertura vegetal mediante reforestación y/o siembra de pastos. En las tierras agrícolas se debe incorporar la conservación de suelos a través de un sistema de obras físicas y medidas agronómicas.

También se puede construir una zanja de intercepción arriba de la cárcava y desviar el flujo a otro cauce más adecuado o alrededor de la cárcava, esta medida solo se puede implementar si se toman acciones directas de recuperación en el cauce mismo de la cárcava.

Asimismo, se puede establecer una capa de césped sobre el talud de la cárcava, un muro de piedra o césped con estacas en la parte superior de la misma y colocar una capa de rastrojo sobre este y taparlo con tierra.

La siguiente figura nos muestra que lo primero que se debe hacer para controlar una cárcava es tratar de eliminar la causa que la originó; por lo tanto es preciso comenzar a hacer trabajos de conservación de suelos a nivel de las laderas, al igual que reforestar y aplicar sistemas agroforestales



#### 6.21.2.16.2.2.- ESTABLECIMIENTO Y CONSTRUCCION DE PRESAS DE CONTROL DE AZOLVES

Las estructuras utilizadas para el control de sedimentos en una cárcava se denominan Presas de Control de Azolves; estas son estructuras hechas de diversos materiales como: piedras, troncos, postes, estacas, tablas o una combinación de estos.

Estas estructuras se construyen sobre el cauce de la cárcava y sirven para disminuir la velocidad del agua de escorrentía y permitir que se deposite aguas arriba de la estructura parte del material acarreado en suspensión; con el objetivo de formar una capa de sedimentos que bajo ciertas condiciones favorables permita el establecimiento de una cubierta vegetal que estabilice totalmente el lecho de la cárcava.

## 6.21.2.16.2.2.1.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las *ventajas* que nos brindan estas estructuras podemos mencionar las siguientes:

- . Favorecen la sedimentación del suelo
- . Disminuyen la velocidad del agua de escorrentia
- . Las estacas utilizadas como materiales para su construcción enraizan
- . Favorecen la recuperación de áreas degradadas

Algunas de las *desventajas* que estas estructuras presentan son las siguientes:

- . El dueño que no está situado en el origen de la cárcava tiene que convencer a sus vecinos de arriba de hacer el trabajo de protección en sus terrenos
- . Las estacas que se emplean para su construcción prenden poco por las irregularidades de las lluvias
- . Para su establecimiento se requiere de material fuerte y abundante

## 6.21.2.16.2.2.2.- CLASIFICACION

Estas estructuras se clasifican de acuerdo al material utilizado en su construcción en: *Temporales y Permanentes*.

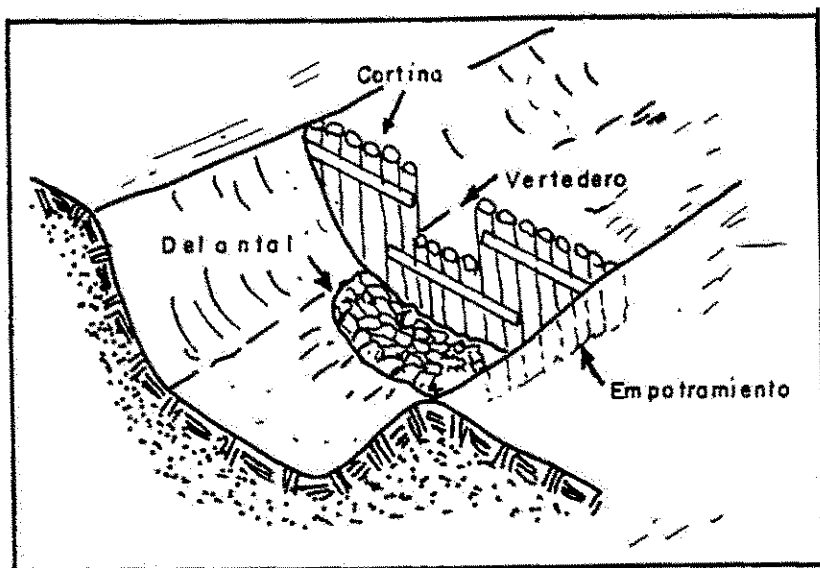
Las *presas de carácter temporal* presentan la *ventaja* de que el *costo de su construcción es sumamente bajo* por el *tipo de material que se utiliza para ello y además no se requiere de gran experiencia para su establecimiento*; la *vida útil de las mismas fluctúa entre 2 y 5 años*, el cual es suficiente para lograr la *estabilización de la cárcava*.

En cambio en las de *carácter permanente* se requiere que su *construcción sea supervisada por personas con experiencia y los materiales utilizados para su establecimiento son costosos*, estas estructuras pueden tener una *duración de hasta 40 ó 50 años*.

Entre las *presas de carácter temporal* figuran las: *Presas de Ramas, Presas de Mallas de alambre y las Presas de Morillo- y entre las de carácter permanente figuran las: Presas de Piedra Acomodada, Presas de Gaviones y las Presas de Mampostería*.

## 6.21.2.16.2.2.3.- COMPONENTES

La siguiente figura nos muestra las *partes principales* de que consta un *Muro o Dique de Recuperación*



A continuación se describe brevemente cada una de las partes de las que consta un Muro de Recuperación.

## 6.21.2.16.2.2.3.1.- CORTINA

La cortina sirve para retener el agua que fluye por la cárcava, reducir la velocidad de la escorrentía, aumentar la infiltración y acumulación de los sedimentos que se depositarán en la estructura.

La base de la cortina debe estar bien empotrada (enterrada), tanto en el fondo del lecho como en los taludes; para ello se recomienda profundizar la base y los taludes unos 30 centímetros por cada metro de altura de la cortina (una tercera parte).

## 6.21.2.16.2.2.3.2.- VERTEDOR

También se le denomina *Vertedero* o *Sección de Descarga del Dique*, es una *escotadura* ubicada en la parte central de la presa, cuya función es permitir la salida en forma controlada de las agua acumuladas por la cortina.

Este puede ser construido de varias formas (rectangular, triangular, trapezoidal); se recomienda utilizar la sección transversal rectangular debido a que su construcción es más fácil, por su solidez y poca necesidad de mantenimiento.

Se recomienda que la longitud del vertedor sea menor que el ancho del canal de la cárcava, esto se hace con el fin de que el agua que vierta por el sólo golpee el lecho de la cárcava y no los taludes de la misma; si esto llegase a ocurrir habrá que proteger los taludes por medio de zampeado de piedra o cubiertas vegetales bien establecidas.

Es necesario dar un margen de seguridad a la capacidad del vertedor para prever posibles obstrucciones debidas a materiales que pudiera arrastrar la corriente tales como tronco, ramas, etc.

## 6.21.2.16.2.2.4.- DELANTAL

Se le llama también *Piso Protector*, es un colchón hidráulico o revestimiento que se construye en el lugar donde caerá el agua al rebasar la cresta del vertedor; su función es proteger el lecho de la cárcava e impedir que la fuerza del agua origine socavaciones que pongan en peligro la estabilidad de la estructura.

Se recomienda que este revestimiento, este formado de piedra acomodada o del material con el cual se construya la presa.

Cuando la pendiente de la cárcava sea menor del 15%, se recomienda que la longitud del delantal sea de 1.5 veces la altura de la presa y en el caso de que dicha pendiente sea mayor del 15% la longitud de este deberá ampliarse a 1.75 veces la altura de la presa.

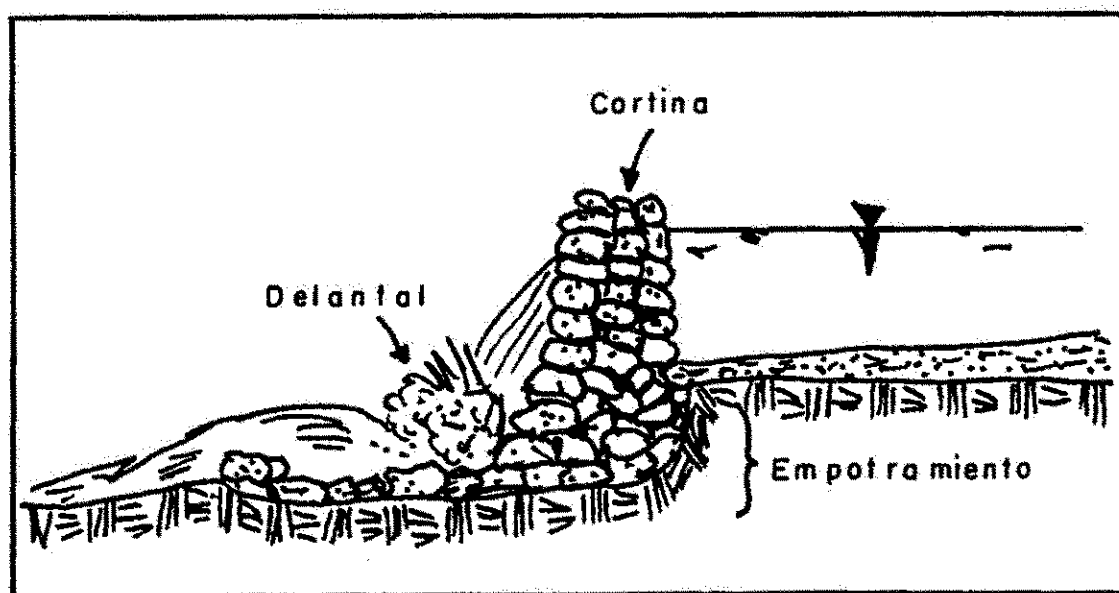
Al tomar estas medidas nos proporcionaran un margen de seguridad suficiente para impedir que la caída del agua destruya el fondo de la cárcava.



Con el fin de evitar deslizamientos del material utilizado en la construcción del delantal, es preciso que éste quede incrustado en el fondo de la cárcava (empotramiento), cuando menos a una profundidad de 10 a 15 centímetros y procurar que la superficie del mismo quede sensiblemente a nivel.

Para tener una mayor seguridad contra el deslave del lecho de la cárcava, se debe construir con el mismo material un pequeño reborde o cresta en el extremo inferior del delantal con el fin de formar una especie de tina en la que el agua retenida establezca un colchón hidráulico que amortigüe aún más el impacto de la caída del agua; para ello se recomienda que este reborde no sea mayor de 10 centímetros.

La siguiente figura nos muestra el *Empotramiento del Delantal de un Muro de Contención*



6.21.2.16.2.2.4.- **RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL  
ESTABLECIMIENTO DE DIQUES DE RECUPERACION**

Algunos aspectos importantes que se deben tomar en consideración cuando se deseen establecer este tipo de estructuras se señalan a continuación:

- Establecer una cerca alrededor de la cárcava que se desee controlar, a una distancia de dos veces la profundidad de la misma afuera de la orilla, con el fin de prevenir la entrada del ganado que pueda destruir la vegetación y las estructuras de control que se establezcan dentro de la misma.
- Limpiar el sitio seleccionado para establecer la presa, remover el material suelto, así como ramas, plantas herbáceas y después analizar el material para el desplante (es el material sobre el cual se construirá la presa). Si el material es suelto se debe aumentar el empotramiento más que cuando el material sea cementado o rocoso.
- Realizar el empotramiento o anclado de la estructura; el cual consiste en abrir y rellenar con el mismo material de construcción de la presa una zanja normal a la dirección de la corriente en el fondo y en los taludes de la cárcava, con el objetivo de aumentar la estabilidad de la presa e impedir que el agua flanquee la estructura y evitar socavaciones que pongan en peligro la obra.
- En el lugar donde se establecerá la estructura se debe hacer una zanja perpendicular a la dirección de la cárcava para formar el empotramiento tanto en el fondo como en los taludes de la misma. Esta zanja se debe extender lo suficiente hacia los taludes para asegurar perfectamente el anclaje. Generalmente sus dimensiones son de 0.5 metros de ancho por 0.5 metros de profundidad, pero puede aumentar hasta 1 metro, dependiendo de si el suelo es de textura demasiado gruesa o si existen grietas en los taludes, lo que nos indicará que el suelo es más propenso a erosionarse.
- Rellenar la zanja que servirá para la cimentación con el mismo material que se va a emplear en la construcción de la presa.

- . Proteger los taludes para disminuir los deslizamientos y el ensanchamiento de la cárcava en la zona inmediata a la estructura, tanto aguas arriba como aguas abajo. Esta protección puede hacerse con el revestimiento de piedras sueltas con un ligero empotramiento de 10 a 15 centímetros o con el empleo de vegetación natural o inducida
- . La altura efectiva de las presas (es la distancia que existe entre la cresta del vertedor y el fondo de la cárcava) de carácter temporal no debe ser mayor de 1 metro; ya que con alturas mayores la presión del agua aumenta y se propician filtraciones a través y por debajo de la estructura, lo que origina socavaciones que son difíciles de controlar y pueden causar la destrucción de la estructura
- . Cuando el objetivo del control de la cárcava sea retener grandes volúmenes de sedimento, las presas deben ser de mayor altura, ya que el volumen de sedimento retenido varía con el cuadrado de la altura efectiva de la presa
- . Cuando se pretenda retener mucho sedimento, se recomienda utilizar presas relativamente altas y espaciadas a distancias más o menos grandes; en el caso que se desee estabilizar la pendiente de la cárcava, el espaciamiento y la altura de las presas deben ser menores

#### 6.21.2.16.2.2.5.- DISTANCIAMIENTO

*El espaciamiento entre presas es la distancia que separa dos presas; el cual depende de la pendiente, de los sedimentos depositados, de la altura efectiva de la presa y de la finalidad que se persigue con el tratamiento de la cárcava.*

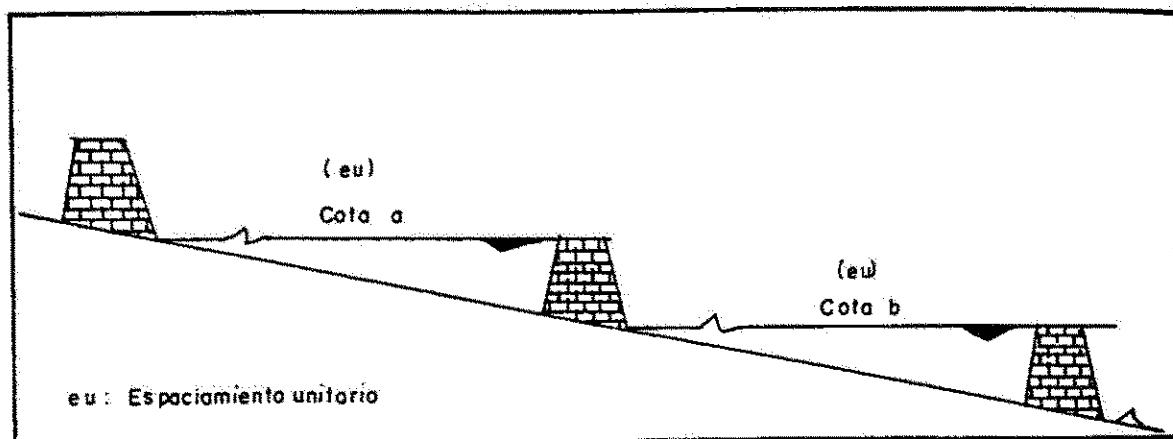
El distanciamiento de los diques de recuperación es un cálculo complejo basado en las características físicas de la cárcava y el caudal máximo de la misma.

Para determinar el espaciamiento entre presas se pueden utilizar dos criterios:

#### *Espaciamiento Unitario*

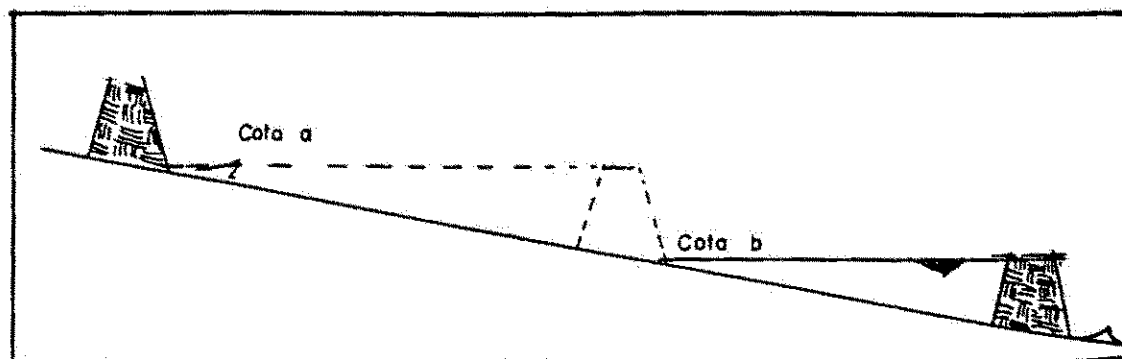
Denominado también "cabeza-pie"; consiste en construir la presa en la parte donde termina el sedimento depositado por la presa siguiente que se encuentra aguas abajo.

La siguiente figura nos muestra el criterio anteriormente señalado.



#### *Doble Espaciamiento*

Este criterio consiste en el mismo principio del criterio anterior, solo que omite en forma alternada la construcción de una estructura; esto se puede apreciar en la figura que se presenta a continuación



La utilización del *criterio de doble espaciamento* se justifica por las siguientes razones:

- . Cuando se desconoce el volumen de sedimento que circula por la cárcava
- . Algunas cárcavas llegan a estabilizarse sin necesidad de que todas las presas construidas en ellas se llenen de sedimento, lo cual origina gastos innecesarios
- . La velocidad del flujo de escurrimiento que circula por la cárcava, se reduce por el obstáculo que representan las presas de control, independientemente del espaciamento entre ellas.
- . Al reducirse la velocidad del flujo, es posible que se desarrolle la vegetación nativa y se acelere la estabilidad de la cárcava
- . Permite reducir a la mitad el costo de construcción de las presas a lo largo de una cárcava
- . En el caso de que no se logre la estabilización de la cárcava y que las presas no hayan captado sedimentos a toda su capacidad, se podrán construir las presas intermedias para las cuales se había reservado espacio

Existen dos criterios para poder calcular el *espaciamento unitario* que existirá entre una estructura y otra, estos criterios son los siguientes:

- . Considerar la pendiente de la cárcava y la altura efectiva de la presa; para lo cual podemos utilizar la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H}{Pc} \times 100$$

donde:

*E* : Espaciamento unitario entre dos presas consecutivas (metros)

*H* : Altura efectiva de la presa (metros)

*Pc* : Pendiente de la cárcava (%)

Considerar la pendiente de los sedimentos que se acumulen en la obra, la altura de la presa y la pendiente de la cárcava; para ello podemos utilizar la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H}{P_c - P_s} \times 100$$

donde:

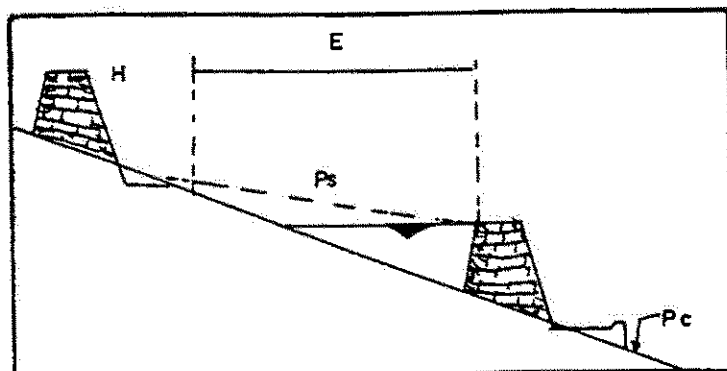
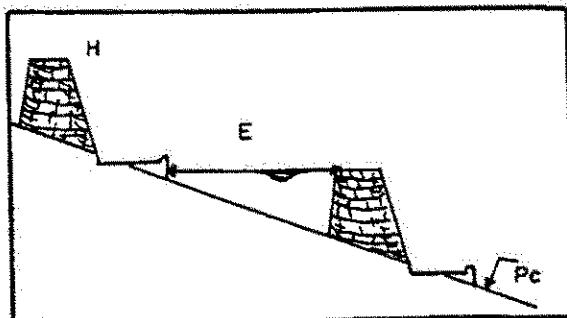
*E* : Espaciamiento unitario entre dos presas consecutivas (metros)

*H* : Altura efectiva de la presa (metros)

*P<sub>c</sub>* : Pendiente de la cárcava (%)

*P<sub>s</sub>* : Pendiente del sedimento (varía de 0.5 - 2%)

En las siguientes figuras se presentan los dos criterios que se pueden utilizar para determinar el espaciamiento unitario entre dos presas



La pendiente del sedimento varía de acuerdo con el tipo de material; en el cuadro que se presenta a continuación se destacan los valores de pendiente para diferentes tipos de materiales, que pueden ser utilizados para determinar el espaciamiento unitario que existirá entre dos presas (Tomado del Manual de Conservación del Suelo y del Agua, del Colegio de Post-graduados de Chapingo, México, 1982)

<i>Tipo de Material</i>	<i>Pendiente (%)</i>
Sedimento con arena gruesa y grava	2
Sedimento de textura media (franca)	1
Sedimento de textura fina (arcillosa)	0.5

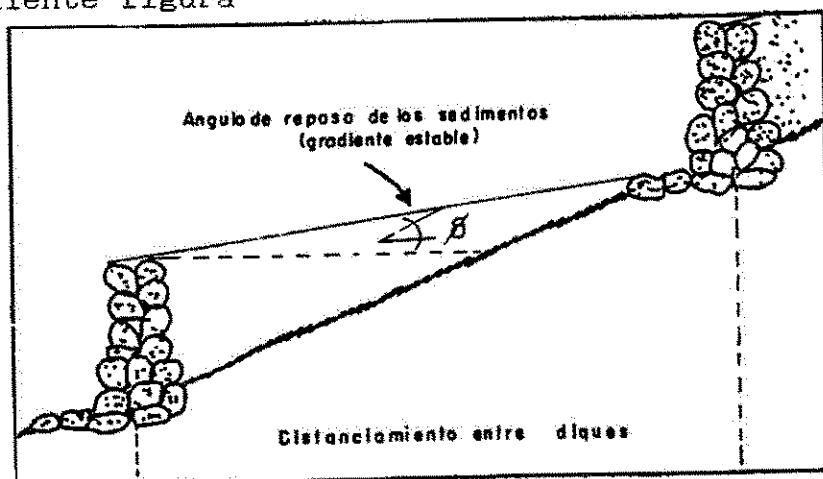
El gradiente estable de los sedimentos depende de las mismas características físicas de ellos y las características de la corriente de agua. Sin embargo, se complica la determinación de esta gradiente por el hecho de que los sedimentos son mezclas de materiales de distintas clases y tamaños.

En el siguiente cuadro se presentan valores que indican gradientes estables para sedimentos según la distribución del tamaño de las partículas (Tomado de Michaelson, 1975)

<i>Tipo de Material</i>	<i>Pendiente (%)</i>
Materiales gruesos (piedras y gravas)	4
Materiales semigrueso (arena y grava)	1.5
Materiales finos (arcilla y arena)	1
Canales revestidos con grama	3

En el campo, muchas veces es posible determinar el gradiente estable del sedimento en un sitio revisando el canal, el gradiente actual de las acumulaciones de sedimento atrás de los obstáculos naturales o estructuras antiguas provee una indicación directa de el gradiente estable según las condiciones de la zona.

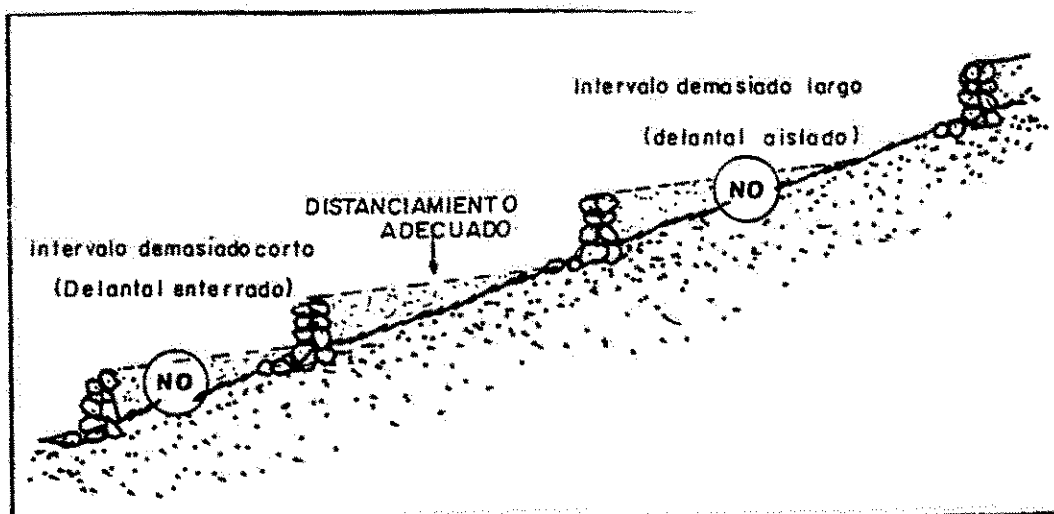
Para lograr la construcción más eficiente de un sistema de estructuras y mayor estabilidad a largo plazo, la distancia entre diques debe ser tal que el depósito de sedimento llegue al delantal del siguiente dique aguas arriba, tal y como se muestra en la siguiente figura



Si se utiliza distanciamiento demasiado corto (intervalo insuficiente) en los diques, el delantal del próximo dique (aguas arriba) quedará enterrado por el sedimento y no se aprovechará eficientemente su capacidad de captación de sedimento, ni la reducción apropiada en el gradiente del lecho del cauce.

Si se construyen diques con un distanciamiento demasiado largo (intervalo excesivo), el delantal del próximo dique quedará aislado arriba del límite de deposición y estará expuesto a socavación por la profundización del canal en el tramo aguas abajo.

La siguiente figura nos muestra el *distanciamiento adecuado* a utilizar en los Diques de Recuperación





En el siguiente cuadro se presentan los *distanciamientos* que se pueden utilizar entre diques tomando como criterios la altura total del dique, la altura del vertedero y la pendiente del lecho de la cárcava (Tomado de Velázquez D., 1992)

ALTURA TOTAL DEL DIQUE (mt)	ALTURA DEL VERTEDERO (mt)	PENDIENTE DEL LECHO DE LA CARCAVA (%)						
		5	10	15	20	30	40	50
0.50	0.30	6.0	3.0	2.0	1.5	1.0		
0.75	0.45	9.0	4.5	3.0	2.2	1.6	1.2	1.0
1.00	0.60	12.0	6.0	4.0	3.1	2.1	1.6	1.3
1.25	0.75	15.0	7.5	5.0	3.8	2.6	2.0	1.6
1.50	0.90	18.0	9.0	6.1	4.6	3.1	2.4	2.0

#### 6.21.2.16.2.2.6.- DESCRIPCION DE ALGUNOS TIPOS DE DIQUES

A continuación se explica la manera de establecer y construir algunos tipos de diques que se consideran los más fáciles de poder ser adoptados por los agricultores en nuestro país para el control de cárcavas.

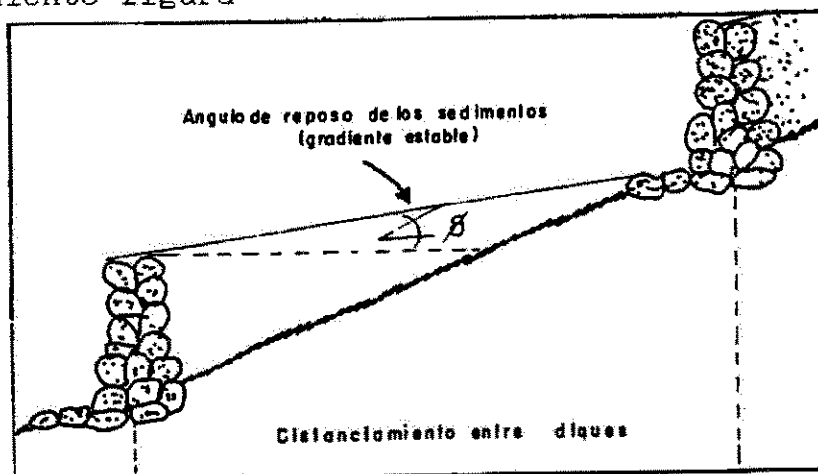
##### 6.21.2.16.2.2.6.1.- DIQUES DE PIEDRA

Este tipo de diques se recomienda utilizarlos en cárcavas pequeñas o medianas y con un desnivel o pendiente moderada; donde la piedra sea abundante y fácil de adquirir.

Los mejores resultados se obtienen cuando se utilizan piedras planas, dado que estas se pueden acomodar fácilmente unas sobre otras, dejando menores intersticios para el paso del agua.

Cuando las piedras a utilizarse para su construcción no son planas, se recomienda acomodar estas dentro de una malla de alambre, procurando que queden muy pocos espacios libres entre ellas.

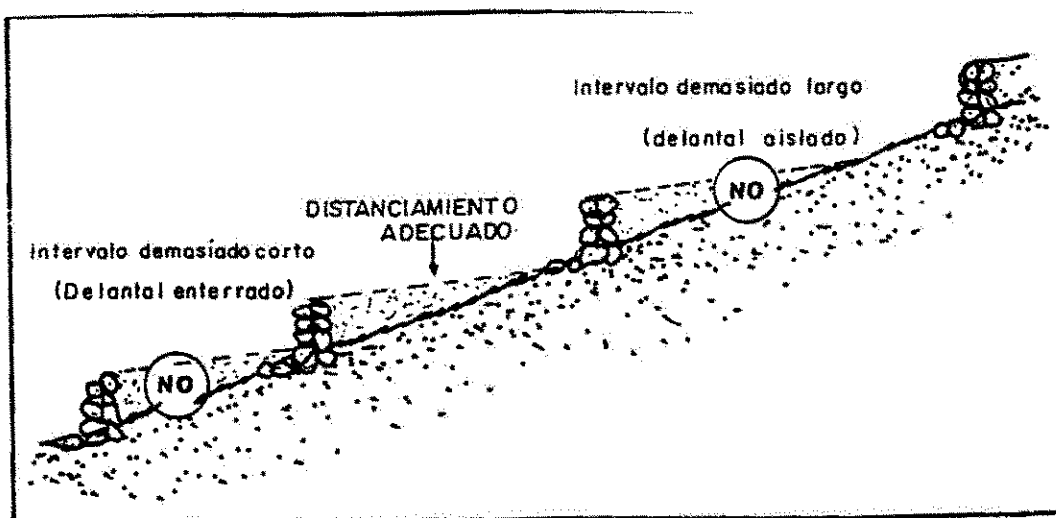
Para lograr la construcción más eficiente de un sistema de estructuras y mayor estabilidad a largo plazo, la distancia entre diques debe ser tal que el depósito de sedimento llegue al delantal del siguiente dique aguas arriba, tal y como se muestra en la siguiente figura



Si se utiliza distanciamiento demasiado corto (intervalo insuficiente) en los diques, el delantal del próximo dique (aguas arriba) quedará enterrado por el sedimento y no se aprovechará eficientemente su capacidad de captación de sedimento, ni la reducción apropiada en el gradiente del lecho del cauce.

Si se construyen diques con un distanciamiento demasiado largo (intervalo excesivo), el delantal del próximo dique quedará aislado arriba del límite de deposición y estará expuesto a socavación por la profundización del canal en el tramo aguas abajo.

La siguiente figura nos muestra el *distanciamiento adecuado* a utilizar en los Diques de Recuperación



En el siguiente cuadro se presentan los *distanciamientos* que se pueden utilizar entre diques tomando como criterios la altura total del dique, la altura del vertedero y la pendiente del lecho de la cárcava (Tomado de Velázquez D., 1992)

ALTURA TOTAL DEL DIQUE (mt)	ALTURA DEL VERTEDERO (mt)	PENDIENTE DEL LECHO DE LA CARCAVA (%)						
		5	10	15	20	30	40	50
0.50	0.30	6.0	3.0	2.0	1.5	1.0		
0.75	0.45	9.0	4.5	3.0	2.2	1.6	1.2	1.0
1.00	0.60	12.0	6.0	4.0	3.1	2.1	1.6	1.3
1.25	0.75	15.0	7.5	5.0	3.8	2.6	2.0	1.6
1.50	0.90	18.0	9.0	6.1	4.6	3.1	2.4	2.0

#### 6.21.2.16.2.2.6.- DESCRIPCION DE ALGUNOS TIPOS DE DIQUES

A continuación se explica la manera de establecer y construir algunos tipos de diques que se consideran los más fáciles de poder ser adoptados por los agricultores en nuestro país para el control de cárcavas.

##### 6.21.2.16.2.2.6.1.- DIQUES DE PIEDRA

Este tipo de diques se recomienda utilizarlos en cárcavas pequeñas o medianas y con un desnivel o pendiente moderada; donde la piedra sea abundante y fácil de adquirir.

Los mejores resultados se obtienen cuando se utilizan piedras planas, dado que estas se pueden acomodar fácilmente unas sobre otras, dejando menores intersticios para el paso del agua.

Cuando las piedras a utilizarse para su construcción no son planas, se recomienda acomodar estas dentro de una malla de alambre, procurando que queden muy pocos espacios libres entre ellas.

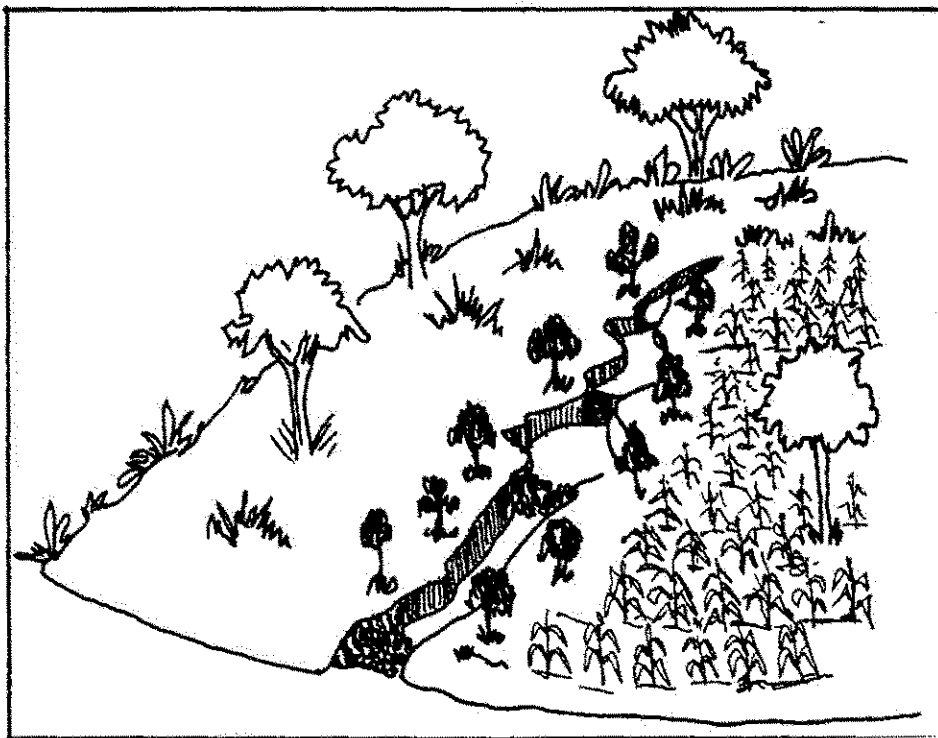
Su construcción se inicia con la apertura de una zanja transversal a la cárcava, cuya profundidad es de 30 centímetros, la cual se rellenará con piedras de tamaño mediano para formar la cimentación de la estructura. El empotramiento debe prolongarse hasta los taludes de la cárcava para evitar que la estructura sea flanqueada por los escurrimientos.

Luego se colocan las piedras sobre la cimentación hasta lograr la altura elegida, la que no debe ser mayor de 3 metros. La parte central de la estructura debe quedar más baja que los extremos de la misma para poder obtener la capacidad necesaria del vertedor y evitar que los escurrimientos erosionen sus bordes.

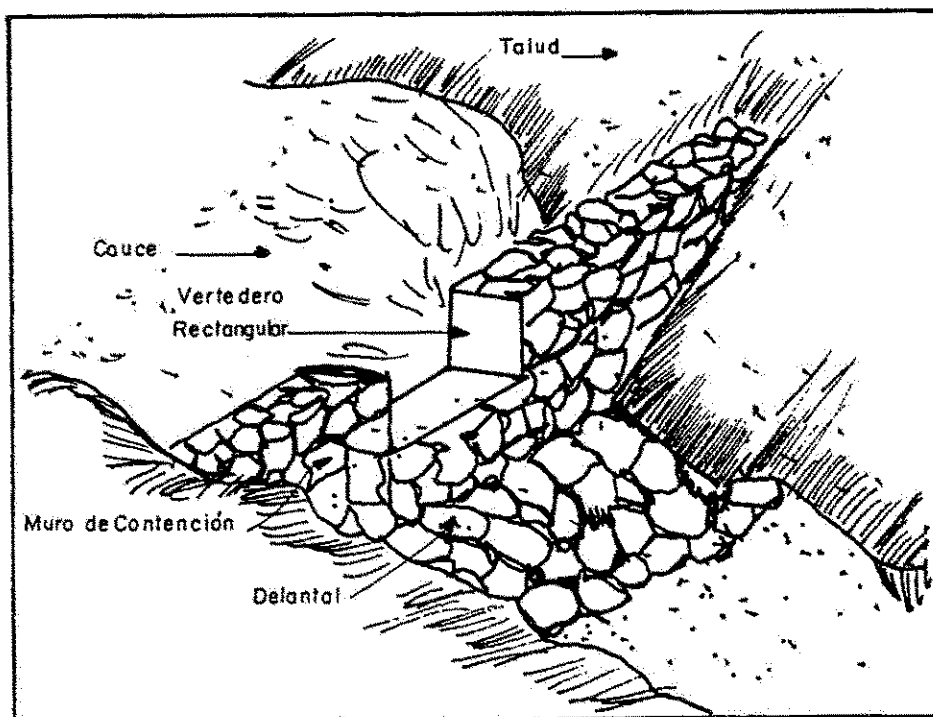
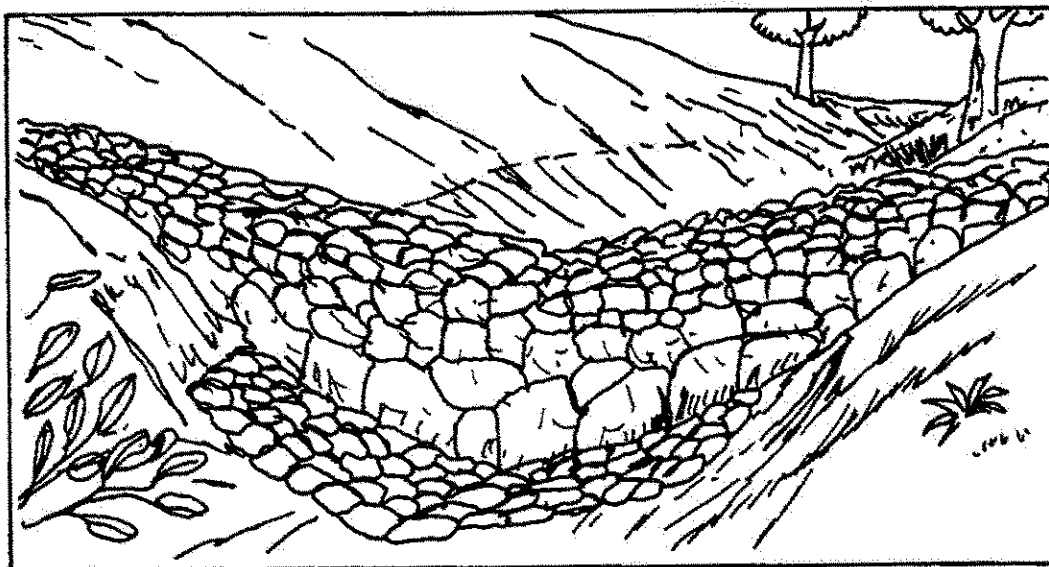
Para construir el delantal de la estructura se recomienda utilizar piedras grandes y planas, con el objetivo de formar una especie de enlozado, el cual se incrusta en el fondo de la cárcava a una profundidad mínima de 20 centímetros y su longitud debe ser mayor de 1.5 veces la altura efectiva de la represa.

Es necesario promover el desarrollo de vegetación en la cárcava para disminuir la velocidad de los escurrimientos y no tener que sobreelevar la altura del dique.

En la siguiente figura se presenta una Cárcava mostrando Muros de Piedra y árboles estabilizando el terreno a su alrededor



Las figuras que se presentan a continuación nos muestran las vista perspectiva de un Muro de Piedra



## 6.2.1.2.16.2.2.6.2.- DIQUES DE MADERA ROLLIZA

En las zonas donde abunden maderas de diversas clases resulta económico utilizar este material para construir diques para el control de cárcavas.

Se recomienda utilizar estos diques en cárcavas pequeñas o medianas o en cuencas de drenaje pequeñas; la altura efectiva de estas estructuras no debe ser mayor de 1.5 metros.

Su construcción es muy sencilla y consiste en colocar transversalmente a la cárcava una hilera de postes firmemente clavados en el suelo a una profundidad de 0.6 metros y separados de 1 a 2 metros.

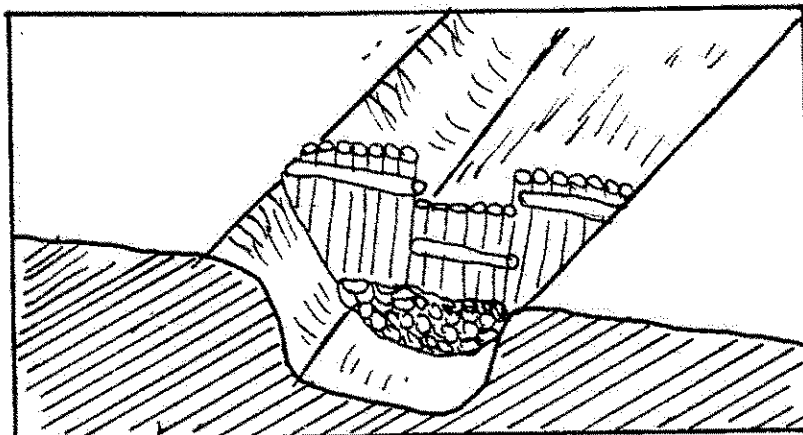
Después se abre una zanja de 30 centímetros de profundidad por 30 centímetros de ancho aguas arriba de los postes, la cual se prolonga por los taludes de la cárcava para lograr el empotramiento de la estructura.

Luego se levanta una barrera de postes, que consiste en colocar los troncos uno sobre otro los cuales se sujetan fuertemente a los postes por medio de alambre y clavos. La tierra extraída de la zanja, se coloca aguas arriba de esta barrera para formar un terraplén que sirve para proporcionar mayor firmeza a la estructura.

El delantal del dique se puede construir con postes los que se colocan longitudinalmente en el sentido de la corriente, procurando que queden debidamente sujetos al fondo de la cárcava, lo cual se consigue semiempotrándolos en el mismo lecho; o también se pueden utilizar piedras y construirlo de la misma forma a como se detallo en los diques de piedra.

Para terminar la construcción de esta estructura, se corta con una sierra la parte central de la barrera, para formar una escotadura de tamaño conveniente, la cual funcionará como vertedor del dique.

En la siguiente figura se muestra un Dique de Madera Rolliza



#### 6.21.2.16.2.2.6.3.- EMPALIZADAS

A este tipo de estructuras también se les llama *Presas de Ramas* y se emplean en cárcavas con áreas de captación pequeña; no requieren de mucha inversión para su construcción pero su uso está restringido especialmente a lugares donde haya abundancia de arbustos y ramas.

El dique consiste en la formación de una barrera o trinchera de ramas entrelazadas, colocadas transversalmente a la cárcava; las cuales representarán un obstáculo a la corriente, reduciendo su velocidad y favoreciendo la deposición del material en suspensión. Estas se pueden sujetar por medio de alambre galvanizado y estacas firmemente clavadas en el fondo de la cárcava.

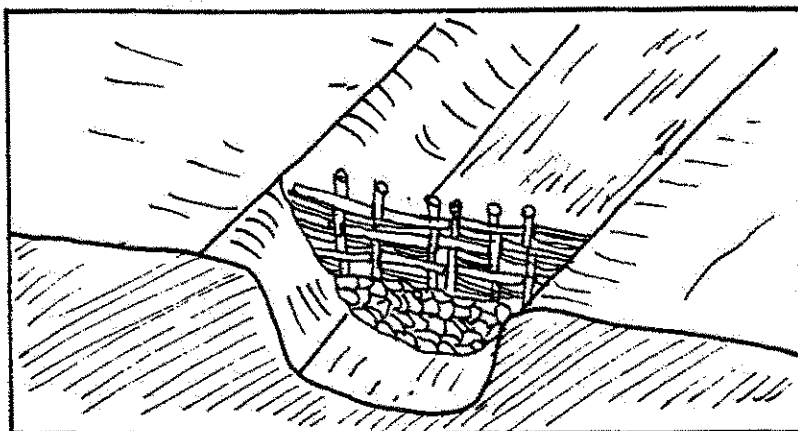
Estas estructuras deben poseer una altura efectiva de 1.5 metros; la construcción de estas se inicia abriendo una zanja de 30 centímetros de ancho por 30 centímetros de profundidad perpendicular a la dirección de la cárcava; la cual se prolonga hacia arriba de los taludes a una distancia variable pero suficientemente grande, para evitar que el escurrimiento flanquee la estructura.

Después se realiza el empotramiento; para ello la zanja se rellena con zacate y ramas pequeñas fuertemente apisonadas y luego se colocan capas de ramas muy juntas entre sí con las puntas del ramaje hacia abajo, de tal manera que las porciones más delgadas queden en la parte inferior del cuerpo de la presa y las más gruesas en la parte superior.

Se debe procurar que la parte central que forma la boquilla de la estructura quede mucho más baja que los extremos laterales de la misma para formar el vertedor del dique.

Finalmente hay que situar el delantal aguas abajo de la presa, el que se construye con ramas entrelazadas y zacate.

En la siguiente figura se muestra una *Presa de Ramas*.



#### 6.21.2.16.2.3.-

#### ESTABLECIMIENTO DE VEGETACION PERMANENTE

El propósito final que se persigue con la construcción de diques es hacer posible el crecimiento de una cobertura vegetal en la cárcava, para que su estabilización sea total.

El sedimento retenido por estas estructuras servirá para el desarrollo de la vegetación que se trate de establecer. Cuando este material es apropiado y las condiciones climáticas favorables, la cubierta vegetal se establece en forma natural; pero en la mayoría de los casos el sedimento depositado está compuesto de material poco fértil; por lo que es necesario la aplicación de fertilizantes para favorecer el crecimiento rápido de la vegetación.

Se recomienda propiciar hasta donde sea posible el establecimiento de especies vegetales para evitar la erosión progresiva en los taludes y en el fondo de la cárcava.

Para realizar el establecimiento de la vegetación se recomienda tratar de seguir la sucesión vegetal o sea hay que motivar primero el desarrollo de especies herbáceas, rastreras, arbustivas y por último árboles.



Cuando los taludes de la cárcava sean muy inclinados es preferible usar pastos o plantas trepadoras adaptadas a las condiciones del lugar; ya que este tipo de vegetación cubrirá la mayor parte de los taludes y proporcionarán una eficiente protección contra la erosión.

La forma combinada del uso de la vegetación y los diques permitirán un control eficiente de las cárcavas.

#### 6.22.- RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA TRANSFERENCIA DE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

Las prácticas de conservación de suelos que se han descritos anteriormente no son nuevas, para que estas puedan ser aceptadas y adoptadas por parte de nuestros pequeños y medianos productores de bajos ingresos, es necesario que consideremos los siguientes elementos cuando deseemos transferirlas.

- . Minimizar o posponer el uso de prácticas que requieran de excesiva mano de obra, sobre todo durante la estación de lluvias, estas prácticas deben quedar a disposición de aquellos productores que deseen implementarlas; lo cual será generalmente después de implementar prácticas de menor inversión
- . Diferenciar y priorizar adecuadamente los terrenos que se van a conservar en la finca
- . Priorizar en función cronológica las prácticas que se transferirán; las prácticas simples y fáciles de implementar serán mejor recibidas por los productores, en la medida que reporten beneficios rápidamente percibibles
- . Incluir como requisito la conservación de agua en todos los esfuerzos de conservación de suelos; ya que esto le permitirá al agricultor obtener y percibir beneficios desde el primer ciclo agrícola en que implemente sus prácticas de conservación
- . Ofrecer a los productores algunas prácticas alternativas u opcionales de acuerdo a su situación económica
- . Establecer claramente que la conservación de suelos y agua debe ir acompañada de mejoras en las otras prácticas que comprenden la producción de cultivos
- . Capacitar a los productores sobre la evolución a través de los años que sufren los sistemas de conservación de suelos y agroforestales, para que logren maximizar los beneficios y manejarlos adecuadamente en función de los cambios a través del tiempo

### 6.23.- CLAVE PARA SELECCIONAR PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

En el siguiente cuadro aparecen *Claves que sirven para seleccionar adecuadamente Sistemas de Prácticas de Conservación de Suelos y Agua* (Tomado del Proyecto Manejo de Recursos Naturales, Honduras, 1984)

PASO	DESCRIPCION	PRACTICA
1	A.- Pendiente < 12% ó > 60%	Ver paso # 2
	B.- Pendiente 12% - 60 %	Ver paso # 3
2	A.- Pendiente < 12%	Barreras Vivas con Reforestación
	B.- Pendiente > 60%	Reforestación
3	A.- Pendiente 12% - 50%	Ver paso # 4
	B.- Pendiente 50% - 60%	Cultivos Permanentes en Terrazas Angostas
4	A.- Terreno con poca o sin piedra	Ver paso # 5
	B.- Terreno con bastante piedra	Barreras de Piedras con Medidas Agronómicas
5	A.- Cultivos Limpios (Granos Básicos, Hortalizas, Tubérculos, Huerta, Flores etc)	Ver paso # 6
	B.- Cultivos Permanentes (Frutales, Cítricos, Cacao, Café etc)	Terrazas Individuales con Terrazas Angostas o Zanjas de Laderas
6	A.- Suelo profundo (> 1 metro)	Ver paso # 7
	B.- Suelo poco profundo (< 50 cm.)	Ver paso # 8
7	A.- Cultivos sólo con agua de lluvia	Ver paso # 8
	B.- Cultivos con Riego Complementario	Terrazas de Banco con Medidas Agronómicas
8	A.- Pendiente 12% - 30%, profundidad de suelo > 50 cms.	Terrazas Angostas con Medidas Agronómicas
	B.- Pendiente 12% - 50%, ó profundidad de suelo < 50 cms.	Zanjas de Ladera con Medidas Agronómicas

### 6.24.- TIPOLOGIA DE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA PARA LADERAS

En los siguientes cuadros se presenta un *Resumen de las Prácticas de Conservación de Suelos y Agua para Laderas pobres y empinadas* (Tomado de Geilfus, F., 1985)

Práctica	Actividad de Producción y Control	Aplicación	Beneficios Adicionales	Costo de Oportunidad
<b>Para aumentar Cobertura del Suelo</b>				
Densidad de Siembra	Erosión por lluvia Cobertura del Suelo	Suelos fértiles	Mayor Producción	Condiciones Locales
Intercalado y Cobertura	Erosión por lluvia Cobertura del Suelo	General	Producción segura Menos plagas Control Natural de Malezas	Difícil Mecanización
Arrope o Cobertura	Cobertura del Suelo	General	Infiltración de agua Regulación térmica Control Natural de Malezas Mayor Producción	Más biomasa Más mano de Obra
Intercalado de Árboles	Erosión por lluvia Cobertura del Suelo Mayor Infiltración	Especies adecuadas de árboles y Cultivos de sombra	Leña, madera, frutos, forraje Fertilización orgánica Infiltración de agua Regula Micro-clima	Controlar Sombra
<b>Para aumentar resistencia del Suelo</b>				
Arado en Curva a Nivel	Mayor Infiltración Frena Escurrimiento	General	Mayor Producción	Rigurosa Difícil Uso de mano de Obra
Camellones en Curvas a Nivel	Mayor Infiltración Frena Escurrimiento	General Suelos poco profundo Pendiente < 25% Mal drenados	Aprovechamiento del suelo	Uso de mano de Obra Difícil Mecanización Requiere Arrope

Práctica	Actividad de Producción y Control	Aplicación	Beneficios Adicionales	Costo de Oportunidad
Cultivo sin Labranza	Erosión del suelo	Suelos fértiles con capa orgánica	Menos mano de obra Menos fertilizantes	Altos insumos de químicos y maquinaria Contaminación
Barreras Muertas	Escurrimiento	Pendientes muy fuertes	Cultivo en pendientes fuertes	Usa madera y piedra Vida breve
Cortinas de árboles	Escurrimiento Infiltración Cobertura	General	Más frutos, forraje, leña, madera Abono orgánico Reciclaje de nutrientes Estabiliza micro-clima	Competencia con otros cultivos
Cortinas Rompevientos	Erosión eólica Escurrimiento Infiltración Cobertura	General	Más frutos, forraje, leña, madera Abono orgánico Reciclaje de nutrientes Estabiliza micro-clima	Competencia con cultivos
Fajas de Absorción con cultivos	Infiltración	General	Más frutos, forraje, leña, madera Abono orgánico Reciclaje de nutrientes Estabiliza micro-clima	Pisoteo Mantenimiento
Terrazas	Escurrimiento Infiltración Reduce pendiente	Varios tipos		Más maquinaria o mucha mano de obra Pisoteo

Práctica	Actividad de Producción y Control	Aplicación	Beneficios Adicionales	Costo de Oportunidad
Zanjas de Desviación	Escurrimiento	Pendientes con escurrimiento fuerte		Controlar agua
Colectores Artificiales	Evacuación de Zanjas	Donde no hay colector natural		Evitar erosión aguas abajo
<b>Medidas Especiales de Conservación</b>				
Control de Cárcavas Solifluxión y Deslizamientos				
Labranza Mínima	Menor erosión del suelo	Suelos fértiles	Menos mano de obra Menos agua	Plagas Arrope adecuado
Barbecho Natural	Erosión del suelo Cobertura	Tierras Marginales	Elimina malezas Restablece fertilidad Forraje	Período largo Poco forraje
Rotación de Cultivos	Erosión del suelo Cobertura	General	Aumenta producción Elimina plagas y malezas	Clima adecuado
Cultivos perennes y semi-perennes	Erosión Cobertura Infiltración	General	Producción sostenida Diversidad Restablece fertilidad	Buenos precios
Barbecho Cultivado	Erosión Cobertura Infiltración	Zonas templadas	Forraje y arrope Restablece fertilidad	Insumos para establecerlo Maquinaria

Práctica	Actividad de Producción y Control	Aplicación	Beneficios Adicionales	Costo de Oportunidad
Abono Verde	Erosión Cobertura	Fincas tecnificadas Difícil	Forraje y arropo Restablece fertilidad	
Arropo Cultivo en Callejones	Erosión Cobertura	General	Mantiene fertilidad Ahorra insumos, forraje y leña	Adaptación para cultivos mecanizados
Producción de Compost	Erosión	General	Aprovecha biomasa Fertilidad	Echa mano de obra y biomasa
Para el Escurrimiento y disminuir pendientes				
Zanjas de Absorción	Escurrimiento Infiltración	Hasta 100 de pendiente	Ahorro de agua Compost	Usa más terreno Mantenimiento
Barreras Vivas de Absorción	Escurrimiento Infiltración	General	Más productos	Usa más terreno Mantenimiento
Fajas de Absorción	Escurrimiento Infiltración	General	Más productos	Usa más terreno
Protección de orillas de un río				

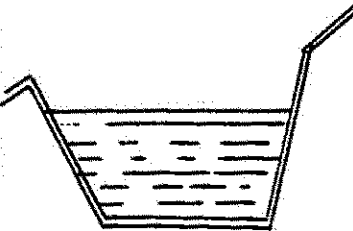


6.25.- **RESUMEN DE PRINCIPALES PRACTICAS AGRONOMICAS Y MECANICAS UTILIZADAS EN LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**



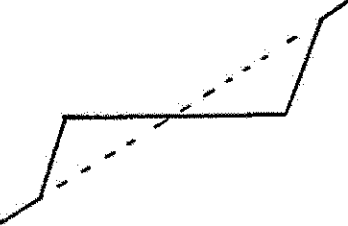
En los cuadros que se presentan a continuación se resumen algunas de las principales Prácticas Agronómicas y Mecánicas utilizadas en la Conservación de Suelos y Agua (Tomado de Hidalgo, P., 1983)

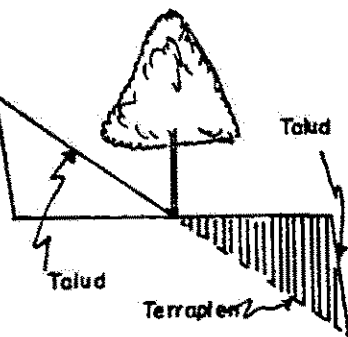
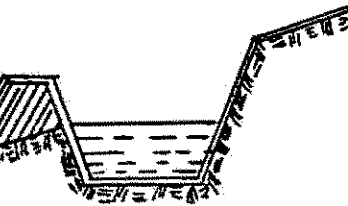
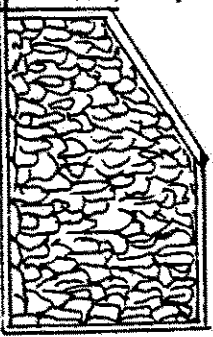
OBJETIVOS	PRACTICAS AGRONOMICAS	CAPACIDAD DE USO DEL SUELO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Controlar la erosión</li> <li>Mantener la producción</li> <li>Aumentar la productividad</li> <li>Aumentar el ingreso familiar</li> </ul>	<p><b>ROTACION DE CULTIVOS</b></p> <p>Es la sucesión de diferentes cultivos en el mismo terreno</p>	I, II, III, IV
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir la velocidad del agua que corre sobre las vertientes</li> <li>Controlar la erosión</li> <li>Mantener la productividad del suelo</li> </ul>	<p><b>BARRERAS VIVAS</b></p> <p>Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, sembradas a través de la pendiente en contorno o en curvas a nivel</p>	I, II, III, IV y VII
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener y aumentar la fertilidad de los suelos</li> <li>Retener la humedad del suelo</li> <li>Suministrar cubierta vegetal</li> </ul>	<p><b>CULTIVOS EN FAJAS</b></p> <p>Disponer los cultivos en fajas de anchura variable, de tal forma que en cada una se alternen plantas que ofrezcan poca protección con otras de crecimiento denso</p>	I, II, III y IV

OBJETIVOS	PRACTICAS AGRONOMICAS	CAPACIDAD DE USO DEL SUELO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el escurrimiento superficial</li> <li>Impedir la pérdida de elementos nutritivos del suelo</li> <li>Aumentar el contenido de materia orgánica y modificar la estructura del suelo</li> <li>Amortiguar el impacto de las gotas de agua de lluvia en el suelo</li> </ul>	<p><b>CULTIVOS DE COBERTURA</b></p> <p>Cualquier tipo de vegetación natural o establecida, con el propósito de brindar una buena capa protectora al suelo contra el impacto de las gotas de lluvia</p>	I, II, III, IV, V, VI y VII
<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuir la erosión eólica de los suelos</li> <li>Disminuir los efectos mecánicos producidos por los vientos sobre los cultivos</li> </ul>	<p><b>CORTINAS ROMPEVIENTOS</b></p> <p>Son sistemas de protección al suelo y a los cultivos, formados por árboles siempre verdes, colocados en grupos o fajas de tal forma que obstaculicen el movimiento del aire restándole velocidad</p>	I, II, III, IV y VII
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir la escorrentía</li> <li>Aumentar la infiltración</li> <li>Disminuir la erosión</li> <li>Mantener la humedad del suelo</li> </ul>	<p><b>CULTIVOS EN CURVAS A NIVEL</b></p> <p>Se trazan surcos perpendicularmente al declive del terreno, siguiendo la curva de nivel, quedando un sistema lomo-surco que actúa como una terraza, permitiendo así evitar la erosión y la infiltración del agua en el suelo</p>	I, II, III y IV



OBJETIVOS	PRACTICAS MECANICAS	CAPACIDAD DE USO DEL SUELO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cortar el flujo del agua de escorrentía</li> <li>Transportar el agua de escorrentía a desagües bien protegidos</li> <li>Proteger los cultivos</li> </ul>	<p><b>CANALES DE DESVIACION</b></p> <p>Son estructuras de sección transversal, construidas en dirección a la pendiente del terreno que cortan y llevan el agua de escorrentía a desagües bien protegidos</p>	<p>III, IV, V, VI y VII</p>  <p>SECCION TRANSVERSAL</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cortar la escorrentía</li> <li>Disminuir la velocidad de las aguas</li> </ul>	<p><b>ACEQUIAS DE LADERAS</b></p> <p>Son canales de desviación que presentan una anchura fija en el fondo de 30 centímetros y taludes fijos de 1:1; contruidos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno y una barrera viva de 15 centímetros en el borde superior del canal, para disminuir la cantidad de material esta captará</p>	<p>II, III, IV, V, VI y VII</p>  <p>SECCION TRANSVERSAL</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Permitir el éxito funcional de las obras de conservación</li> <li>Evitar daños a áreas situadas en las partes más bajas</li> </ul>	<p><b>CANALES COLECTORES</b></p> <p>Son sistemas colectores del agua de escorrentía proveniente de obras de obras de conducción tales como canales de desviación, terrazas, etc.</p>	<p>II, III, IV, V, VI y VII</p>  <p>SECCION TRANSVERSAL</p>

OBJETIVOS	PRACTICAS MECANICAS	CAPACIDAD DE USO DEL SUELO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Interceptar y transportar el agua de escorrentía permitiendo las labores agrícolas</li> <li>Controlar la erosión</li> </ul>	<p><b>TERRAZA DE CANAL O DE DESAGÜE</b></p> <p>Se construyen de manera que se obtenga un canal a un nivel un poco más bajo que el nivel original del terreno para interceptar el agua de escurrimiento</p> <p>Tienen un desnivel longitudinal que permite el transporte de esta agua a una velocidad que no llega a causar arrastre del suelo</p>	<p>I y II</p>  <p>SECCION TRANSVERSAL</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener el agua de escorrentía sobre el terreno durante algún tiempo, aumentando con esto su absorción por el suelo</li> <li>Permitir las labores agrícolas</li> </ul>	<p><b>TERRAZA DE CAMELLON O DE ABSORCION</b></p> <p>Son muros de tierra sobre la superficie original, de manera que no haya movimiento del agua dentro del canal, logrando mantenerla sobre el terreno durante algún tiempo para facilitar su absorción</p>	<p>I y II</p>  <p>SECCION TRANSVERSAL</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar agua de lluvia que escurre por la vertiente y transportarla a un desagüe con el fin de evitar la erosión, permitiendo que el canal sea sembrado</li> <li>Mantener la humedad del suelo</li> </ul>	<p><b>TERRAZA DE BANCO</b></p> <p>Son series de plataformas o escalones llanos o casi llanos contruidos sobre terrenos de pendiente fuerte y separados por paredes muy inclinadas protegidas por vegetación</p>	<p>II, III, IV, V, VI y VII</p>  <p>SECCION TRANSVERSAL</p>

OBJETIVOS	PRACTICAS MECANICAS	CAPACIDAD DE USO DEL SUELO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuir la cantidad de agua de escorrentía</li> <li>Conservar la mayor cantidad de agua en el suelo</li> <li>Favorecer el desarrollo de la planta</li> </ul>	<p><b>TERRAZAS INDIVIDUALES</b></p> <p>Son pequeños terraplenes circulares, ovalados o rectangulares construidos antes de la plantación de cada árbol, que contribuyen a disminuir la cantidad de agua de escorrentía, fomentando su infiltración</p>	<p>VI y VII</p>  <p>Talud Talud Terraplén</p> <p>SECCION TRANSVERSAL</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Recoger el agua de lluvia que cae sobre la zanja y coleccionar el escurrimiento para aumentar la infiltración</li> </ul>	<p><b>ZANJAS DE ABSORCION</b></p> <p>Son canales de sección trapezoidal generalmente asimétricos, con pendiente horizontal, ubicados a intervalos regulares, construidos en la vertiente perpendicular a la línea de máxima pendiente</p>	<p>III, IV, VI, VII</p>  <p>SECCION TRANSVERSAL</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Impedir el avance del escurrimiento superficial</li> <li>Protección de obras de conservación</li> <li>Retener el material removido por aradura y erosión</li> <li>Formación de bancales o terrazas para la ejecución de medidas agronómicas</li> </ul>	<p><b>MUROS DE PIEDRA</b></p> <p>Series de estructuras en forma de barrera construidas con piedras de diferentes dimensiones, de sección transversal generalmente asimétricas, colocadas en sentido perpendicular a la pendiente del terreno</p>	<p>III, IV y V</p>  <p>VISTA LATERAL</p>